



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización en la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Bach. Mejia Romero, Joacin Duberly (ORCID: [0000-0001-7113-3407](https://orcid.org/0000-0001-7113-3407))

Bach. Usca Farfan, Rinver (ORCID: [0000-0002-1601-754X](https://orcid.org/0000-0002-1601-754X))

ASESOR:

Mg. Freddy Manuel Franco Alvarado (ORCID: [0000-0002-6488-3661](https://orcid.org/0000-0002-6488-3661))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

La presente investigación está dedicada a nuestros padres, familiares y amigos, quienes siempre estuvieron alentándonos en la conclusión de la tesis.

Agradecimiento

A Dios porque ha estado con nosotros en cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar; a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo un apoyo incondicional en todo momento.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	x
Abstract.....	xi
I.INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	18
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	34
3.2. Variables y operacionalización.....	36
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	37
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	38
3.5. Procedimientos.....	41
3.6. Métodos de Análisis de datos.....	45
3.7. Aspectos éticos.....	45
IV. RESULTADOS	46
V. DISCUSIÓN.....	90
VI. CONCLUSIONES	98
VII. RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS	101
ANEXOS.....	103

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Clasificación de suelos según tamaño de partículas.</i>	22
Tabla 2. <i>Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad (2014)</i>	25
Tabla 3. <i>Características de la muestra patrón (2016)</i>	28
Tabla 4. <i>Categoría de Sub rasante (2014)</i>	28
Tabla 5. <i>Características Típicas de la cal viva.</i>	29
Tabla 6. <i>Características típicas del NaCl (2014)</i>	30
Tabla 7. <i>Análisis físico químico de la cal de Huanca</i>	49
Tabla 8. <i>Análisis físico químico de la sal de Maras</i>	49
Tabla 9. <i>Ensayos realizados en suelo natural.</i>	51
Tabla 10. <i>Clasificación de suelos C-01 y C-02</i>	56
Tabla 11. <i>Contenido de humedad del suelo natural C-01 y C-02.</i>	57
Tabla 12. <i>Límites de consistencia del suelo natural.</i>	60
Tabla 13. <i>Proctor modificado en suelo natural</i>	63
Tabla 14. <i>Resultados CBR para el suelo natural C-01 y C-02.</i>	66
Tabla 15. <i>Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01</i>	68
Tabla 16. <i>Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02</i>	69
Tabla 17. <i>O.C.H y M.D.S. dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01</i>	72
Tabla 18. <i>O.C.H y M.D.S. dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02</i>	73
Tabla 19. <i>Resultados CBR dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01</i> ...	76
Tabla 20. <i>Resultados CBR dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02</i> ...	77
Tabla 21. <i>Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01</i>	78
Tabla 22. <i>Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-02</i>	79
Tabla 23. <i>O.C.H y M.D.S. dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%. C-01</i> ...	82

Tabla 24.	<i>O.C.H y M.D.S. dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%. C-02...</i>	83
Tabla 25.	<i>Resultados CBR dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01 ..</i>	86
Tabla 26.	<i>Resultados CBR dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-02 ..</i>	87
Tabla 27.	<i>Cuadro resumen de resultados C-01</i>	88
Tabla 28.	<i>Cuadro resumen de resultados C-02</i>	88
Tabla 29.	<i>Cuadro resumen de promedio de resultados de C-01 y C-02.....</i>	89

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de tipo de suelos de la ciudad Cusco.	14
Figura 2. Proceso para la Identificación del Tipo del suelo.	23
Figura 3. Ficha de recolección de datos documentales.	38
Figura 4. Ficha de descripción de campo.	39
Figura 5. Ficha de caracterización de cantera	40
Figura 6. Entrada a la APV Juscapampa.	41
Figura 7. Excavación de la calicata-01.	42
Figura 8. Excavación de la calicata-02.	42
Figura 9. Vista panorámica de la salinera de Maras.	43
Figura 10. Cantera de cal de Huanca.	44
Figura 11. Mapa político del Perú.	46
Figura 12. Ruta del centro histórico del Cusco hacia APV Juscapampa.	47
Figura 13. Vía Tupac Amaru de la APV Juscapampa.	48
Figura 14. Ficha de granulometría y límite de consistencia.	52
Figura 15. Ficha de cálculo del ensayo Proctor modificado.	53
Figura 16. Ficha de cálculo del ensayo de CBR.	54
Figura 17. Recolección de las muestras de las calicatas.	55
Figura 18. Ensayo granulométrico del suelo natural.	56
Figura 19. Pasos para la obtención del contenido de humedad	58
Figura 20. Muestra para hallar límites de consistencia del suelo natural.	58
Figura 21. Muestra para hallar límites de plástico	59
Figura 22. Muestra para hallar límites de plástico	59
Figura 23. Límites de consistencia del suelo natural	60
Figura 24. Muestra de la C-01 para el ensayo Proctor modificado.	61
Figura 25. Ensayo de Proctor modificado para el suelo natural C-01.	62

Figura 26. Ensayo de Proctor modificado para el suelo natural C-01 y C-02.....	63
Figura 27. Ensayo de CBR para el suelo natural C-01.	64
Figura 28. Saturación del molde (CBR) en agua suelo natural C-01.	65
Figura 29. Toma de lecturas para el ensayo CBR, suelo natural C-01 y C-02.	65
Figura 30. Muestras para hallar los límites de consistencia dosificado al 3%,5% y 8%.	67
Figura 31. Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01.....	68
Figura 33. Dosificaciones con sal de Maras al 3%, 5% y 8%.....	70
Figura 34. Disolución de la sal de Maras en agua para el ensayo Proctor.....	71
Figura 35. Ensayo de Proctor modificado dosificado al 3%,5% y 8%.	71
Figura 36. Contenido de Humedad Optima C-01 dosificado con sal de Maras.	72
Figura 37. Máxima Densidad Seca C-01 dosificado con sal de Maras.	73
Figura 38. Contenido de Humedad Optima C-02 dosificado con sal de Maras.	74
Figura 39. Máxima densidad seca C-02 dosificado con sal de Maras	74
Figura 40. Ensayo CBR dosificado con sal de Maras.	75
Figura 41. Lectura de datos CBR dosificados con sal de Maras al 3%, 5% y 8%.75	
Figura 42. Ensayo CBR dosificados con sal de Maras al 3%, 5% y 8% C-01.....	76
Figura 43. Ensayo CBR dosificados con sal de Maras al 3%, 5% y 8% C-02.....	77
Figura 44. Dosificaciones con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.	78
Figura 45. Límites de consistencia C-01 Dosificado con cal de Huanca.	79
Figura 46. Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca en la C-02.....	80
Figura 47. Dosificaciones con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% para el ensayo Proctor.	80
Figura 48. Dosificación con cal de Huanca al 8% para ensayo Proctor modificado.81	
Figura 49. Ensayo de Proctor modificado dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%.	81

Figura 50. Optimo contenido de humedad con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01	82
Figura 51. Máxima Densidad Seca con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01	83
Figura 52. Optimo contenido de humedad con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% C-02	84
Figura 53. Máxima Densidad Seca con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-02	84
Figura 54. Ensayo de Proctor modificado dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%.	85
Figura 55. Toma de datos CBR, dosificado con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% .	85
Figura 56. Resultado del CBR con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% C-01	86
Figura 57. Resultado del CBR con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% C-02	87

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo demostrar que la incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco; en cuanto a la metodología de la investigación, el diseño es cuasi experimental, el nivel es explicativo, el enfoque cuantitativo, y finalmente el tipo de investigación es aplicada. En cuanto a la conclusión se demostró que la incorporación de cal de Huanca estabiliza la subrasante solo con la dosificación al 8%, para lo cual se obtuvo una mejor clasificación de suelo según índice de plasticidad de suelo patrón de Alta Plasticidad (22.94%) a Suelo de Media plasticidad (17.03%) y en cuanto al CBR al 95% de densidad máxima seca y una penetración de 2.54mm se mejoró, de un CBR del 4.11% de la muestra patrón a un 6.38%; con respecto a la sal de Maras con dosificaciones al 3%, 5% y 8% se concluye que a pesar que mejora sus propiedades físico mecánicas como el índice de plasticidad de 22.94% de la muestra patrón a un 20.89%, 20.65% y 20.44% respectivamente y un CBR al 95% de densidad máxima seca y una penetración de 2.54mm de 4.11% de la muestra del patrón de suelo a un 4.32%, 5.70% y 5.29%, estos resultados para la dosificación sal de Maras y suelo de la subrasante no son suficientes para considerarlo como un suelo estabilizado, por tanto, se llegó a cumplir parcialmente el objetivo.

Palabra clave: sal de Maras, cal de Huanca, estabilización de suelos.

Abstract

The present thesis aimed to demonstrate that the incorporation of salt from Maras and lime from Huanca in the subgrade stabilizes the Tupac Amaru road, APV Juscapampa, district of San Jerónimo, province and department of Cusco; Regarding the research methodology, the design is quasi-experimental, the level is explanatory, the quantitative approach, and finally the type of research is applicative. Regarding the conclusion, it was demonstrated that the incorporation of lime from Huanca stabilizes the subgrade only with the dosage at 8%, for which a better soil classification is obtained according to the High Plasticity standard soil plasticity index (22.94%) at Medium plasticity soil (17.03%) and as for the CBR at 95% of maximum dry density and a penetration of 2.54mm, it was improved, from a CBR of 4.11% of the sample to 6.38%; Regarding Maras salt with dosages at 3%, 5% and 8%, it is concluded that although it improves its mechanical physical properties such as the plasticity index of 22.94% of the sample to 20.89%, 20.65% and 20.44% respectively and a CBR at 95% of maximum dry density and a penetration of 2.54mm of 4.11% of the soil pattern sample at 4.32%, 5.70% and 5.29%, these results for the dosage of Maras salt and soil from the subgrade are not enough to consider it as a stabilized soil, therefore, the objective was partially met.

Key word: Maras salt, Huanca lime, soil stabilization

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación está motivado por el hecho de que cualquier proyecto de construcción depende en gran medida del suelo subyacente, entonces observando la importancia de este, los suelos pueden generar problemas significativos según su tipo en la estructura o pavimento, una vez teniendo las características del suelo podemos mejorarlo o darle un tratamiento con las diferentes formas de estabilización que en el caso de nuestra investigación será química (cal y sal) que usaremos como aditivos en el suelo de la subrasante y podremos obtener resultados de cómo y en qué medida influyen en el suelo original.

La cal utilizada es CaO que también se le conoce como cal anhidra o cal viva, obtenido por el quemado de piedras calizas, hidróxido cálcico. También podemos denominarlas a estas como aéreas por la característica que poseen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por efecto del CO₂ (MTC, 2014, p.101).

Por otro lado, también tenemos como material estabilizante la sal compuesta por 2% de limos y arcillas y un 98% de NaCl, cuya principal propiedad, es absorber la humedad del aire, disminuyendo el punto de evaporación e incrementando la cohesión del suelo (MTC, 2014).

Teniendo en cuenta la cita anterior se debe mencionar que el tipo de material estabilizante se seleccionara una vez se haya identificado, clasificado el suelo natural y que propiedades queremos tener cuando se mezcle el suelo y el estabilizador, ya que si queremos modificar propiedades tales como la resistencia y durabilidad del suelo la cantidad del estabilizador puede ser superior, por lo tanto, no convendría usarlos porque elevarían el costo de su tratamiento. Para esto el manual de carreteras del MTC ofrece un manual para determinar el tipo de estabilizador.

También se estableció que el suelo es el elemento más importante en las cimentaciones, de sus características y propiedades depende la estabilidad de las estructuras, cuando se le aplican cargas a esta se generan tensiones y deformación

que dependen de la fuerza y periodo que estas son aplicadas. Teniendo en cuenta la importancia del suelo usaremos la estabilización química que básicamente se puede usar en todos los tipos de suelos para su mejoramiento de sus propiedades geotécnicas mitigando así problemas como la inestabilidad volumétrica, resistencia, durabilidad etc.

Por otro lado, la estabilización de la subrasante es el cambio positivo de las propiedades físicas mediante procesos mecánicos y dosificándolo con productos sintéticos, naturales o químicos. Estos aditivos se usan, usualmente en los suelos de la subrasante pobre o inadecuado, estos estabilizadores son el cemento, la cal, el asfalto, etc. (MTC, 2014).

Con respecto al párrafo anterior existen varias formas de estabilizar un suelo ya sea utilizando procesos mecánicos e incorporando productos químicos, naturales o sintéticos o por último sustituyendo el suelo, pero para esto probablemente conlleve mayores gastos entonces se tendrá que hacer una propuesta técnica y económica que mejor se adecue. En conclusión, todos los suelos se pueden mejorar.

Entonces nuestro objeto de estudio es la subrasante de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco que tiene una longitud de 759 metros, es un camino a nivel de trocha carrozable donde su suelo es en gran parte compuesta por arcillas y limos. Se propone este lugar porque tiene los requisitos y condiciones necesarias que servirán a nuestra investigación la cual describimos a continuación.

- Flujo de vehículos pesados con gran carga debido a que en esta zona se fabrica, comercializa y distribuye elementos de construcción como el ladrillo, teja, loseta etc.
- Precipitaciones pluviales fuertes en los meses de diciembre a marzo lo cual afectan los suelos de los caminos.
- La composición del suelo es en su gran mayoría son arcillas y limos finos.
- La zona se encuentra contemplada dentro de la expansión de la ciudad del Cuzco.

Teniendo en cuenta lo anterior este tramo de la vía Tupac Amaru se nos hace idónea para usar nuestros estabilizadores que son por un lado la cal que al mezclarlo con un suelo arcilloso produzca una disminución del IP, logro de un suelo más trabajable, reducción del potencial de expansión y contracción, aumento de la resistencia del suelo CBR, etc. Y el otro lado es el uso de la sal que es un estabilizante natural cuya propiedad es mejorar la cohesión del suelo.

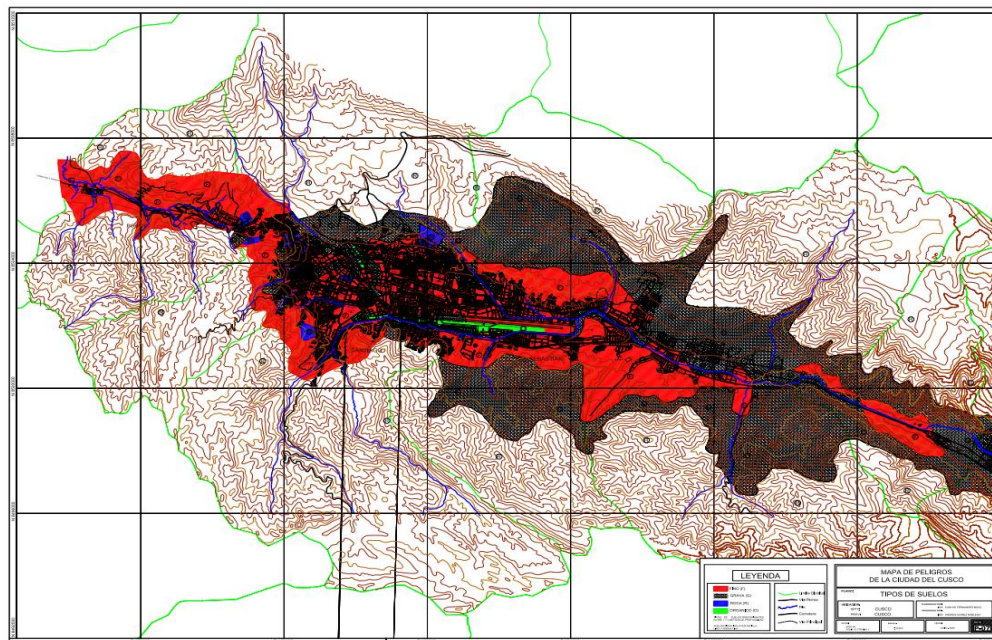


Figura 1. Mapa de tipo de suelos de la ciudad Cusco.

Teniendo la referencia contextual anterior vemos que el suelo de la vía deberá ser estabilizada antes de iniciar una construcción sobre esta, debido a que las propiedades erráticas de los suelos tipo arcillosos del lugar hacen difícil la construcción adecuada de vía en un suelo con presencia de este tipo de material. La arcilla al estar en presencia de agua (lluvias) tiene una variación de volumen, esto hace que los asentamientos diferenciales sean un enorme problema puesto que la estructura que sería construida en un futuro sería la más perjudicada ya que presentaría fallas y tendería a agrietarse.

Problema General.

- ¿En qué medida la incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021?

Problemas Específicos.

- ¿Como son las características físico mecánicas de la subrasante natural en la vía Tupac Amaru, Apv Juscacampa, Distrito De San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021?
- ¿Cuál es la dosificación más optima cuando incorporamos sal de maras y cal de huanca en la subrasante de la vía Tupac Amaru, Apv Juscacampa, Distrito De San Jerónimo, Provincia Y Departamento De Cusco, Año 2021?
- ¿Cómo el índice de plasticidad influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscacampa, Distrito De San Jerónimo, Provincia Y Departamento De Cusco, Año 2021?
- ¿Cómo la resistencia del suelo (CBR) influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscacampa, Distrito De San Jerónimo, Provincia Y Departamento De Cusco, Año 2021?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General.

- Demostrar que la incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021.

Objetivos Específicos.

- Evaluar las características físico mecánicas de la subrasante natural en la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021.
- Determinar la dosificación más optima cuando incorporamos sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante de la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021.
- Determinar si el índice de plasticidad influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021.
- Determinar si la resistencia del suelo (CBR) influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021.

Hipótesis

Hipótesis General.

La incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021.

Hipótesis Específicos.

- Las características físico mecánicas de la subrasante natural son insuficientes para la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021.
- La dosificación mayor es la más optima cuando incorporamos sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante de la vía Tupac Amaru, APV Juscacampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021.

- El índice de plasticidad influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021.
- La resistencia del suelo (CBR) influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021.

Justificación e Importancia de la Investigación

Este trabajo de investigación se justifica técnicamente, cuando aplicamos ensayos en el suelo ya estabilizado para conseguir el porcentaje óptimo en peso al aplicar sal de Maras y cal de Huanca entre el 2% y 8%, mejorando las propiedades físicas de un suelo mediante procedimientos mecánicos e incorporación de estabilizadores químicos (MTC, 2014)

Además, este tipo de estabilización con sal de maras y cal de huanca tiene una relevancia importante en la vía estudiada ya que al ser una zona donde se fabrican artesanalmente elementos de albañilería como (ladrillos, tejas, losetas, etc) se produce un alto volumen de tránsito de vehículos pesados con carga que desgastan rápidamente la vía.

Es importante la investigación porque teniendo el contexto y visión de la zona se necesita tener vías adecuadas que puedan tener la suficiente resistencia para soportar las pesadas cargas, es por eso que la investigación es importante en el sentido de que ayuda a conocer y definir el tipo de suelo del lugar y darle el tratamiento debido, que en nuestro caso son mediante la incorporación de sal y cal en la subrasante las cuales estabilizarán el suelo, además de que estos estabilizadores al ser extraídos de sus respectivas canteras son naturales mitigando así el impacto ambiental.

Asimismo, la Apv Juscapampa, se encuentra en vías de pertenecer a la zona urbana del Cusco es por eso que la población de esta zona posea una cantidad de pobladores bastante apreciable. Teniendo en consideración lo dicho anteriormente los beneficiarios al hacer esta investigación serían los pobladores de esta zona como también los transportistas que circularan en estas vías.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se detalla los antecedentes de las tesis internacionales.

Roblez (2018), teniendo como objetivo determinar la estabilización de arcilla negra con cloruro de sodio (NaCl), arena pómez, cal y cemento, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. La metodología es de tipo aplicada y diseño experimental. Obteniendo resultados que indican lo siguiente. La resistencia de la arcilla negra con NaCl (6.5, 6.6 y 6.9 Kg/cm²) es sutilmente mayor que su muestra patrón (5.6, 6.2 y 5.8 Kg/cm²), aunque inferior al requisito establecido en la norma que es 21 Kg/cm² (Norma I.N.V E-614), por tanto, a este tipo de suelo no se aplican estos últimos estabilizantes.

Guaman (2016), teniendo como objetivo Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con componentes químicos (cal y cloruro de sodio) en el laboratorio. La metodología es de nivel experimental. Logrando los resultados siguientes, el IP con la estabilización de Cal y NaCl utilizando 12,5% tiene valores de 8,83 y 6,54; Se estableció que el CBR del suelo estabilizado con Cal para los porcentajes de 7,5% y 12,5% con valores de 20,8% y 26% cumplen con lo establecido por las Especificaciones generales y las densidades del suelo estabilizado con Cloruro de Sodio son más altas con las densidades del suelo estabilizado con Cal.

Larrea y Rivas (2019), teniendo como objetivo la estabilización de un suelo arcilloso con un rango de IP (16-18) con NaCl y CaCl₂ para su implementación en vías. La metodología es de tipo cuantitativa. Se tiene la conclusión que los resultados de los límites son superiores al valor máximo exigido por la norma; estos son LL

(39>35) y el IP (17>9), esto se debe porque el suelo es arcilloso (18.14%) que si bien es cierto cumple con la norma al ser <20%. De acuerdo a los resultados se verifica que la dosificación correspondiente al 15% se considerará como el óptimo debido a que reduce el LL de un 39% a un 24.10%. Así mismo, el IP disminuye de un 17% a un 7.32%, valores permitidos en el MTOP. Así mismo la humedad óptima de compactación tiene una disminución de 27% que significa una diferenciación desde un 15.20% a 11.10%. En cambio, la densidad máxima seca (1736 kg/m³) experimentó un incremento del 9.33%, correspondiente a 1898 kg/m³ y el porcentaje del CBR baja de un 27,27% a un 24.20% al 95% de compactación que representa una reducción poco significativa del 11.26%

A continuación, se detalla los antecedentes de la tesis a nivel nacional.

Sanca (2019), teniendo como objetivo, evaluar como el estudio de la estabilización de suelos influye en la mejora de su capacidad portante aplicando Cloruro de Sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019. La metodología es de tipo aplicada, nivel explicativo y el diseño experimental. Teniendo los siguientes resultados. Se evaluó la influencia del NaCl. En dosificaciones de 2%, 6% y 10%. Se consiguió mejores resultados al utilizar el 10% de NaCl porque baja el IP a 7.00% y se vio un incremento del CBR a 5.27% en relación a la muestra natural.

Chaves y Odar (2019), teniendo como objetivo evaluar a través de un análisis comparativo las mejoras en el comportamiento de un suelo arcilloso de baja plasticidad mediante la utilización de cal como agente estabilizador para ser empleado en la carretera Oyón-Ambo. El nivel de investigación es descriptivo y el diseño es experimental. Obteniendo los resultados siguientes. Los ensayos de CBR realizados al suelo antes y después de estabilizar con 10% de cal en peso demuestran que al emplear la Cal mejora el CBR de CBR= 6% a CBR= 43.3% y manual de carreteras del MTC que clasifica la calidad de la subrasante de acuerdo al CBR al 95%. La subrasante mejoro su condición de pobre a excelente

Eche y Pelaez (2019), teniendo como objetivo determinar la influencia del NaCl en la estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876, Distrito de Santa - Ancash – 2019. La metodología es según el tipo de investigación es aplicada y el diseño es experimental puro. Obteniendo resultados siguientes. Se determino que al incrementar el NaCl en dosificaciones de 4%, 8% y 12% mejora las propiedades mecánicas, incrementando el CBR hasta un 12.5% en comparación al suelo natural, también se determinó que al acrecentar el NaCl en dosificaciones instituidas mejora las propiedades físicas, disminuyendo el IP al aumentar mayor dosificación de NaCl, teniendo un IP para el suelo natural de 11.00% sin agregar NaCl, 9.00% con dosificación 4% de NaCl, 8.00% agregando 8% de NaCl y 6.22% agregando 12% de NaCl.

Bases teóricas

A continuación, se desarrolla las bases teóricas más importantes y resaltantes.

Suelo

Según Braja (2001) suelo es el agregado no cementado que contiene partículas sólidas (materia orgánica y minerales) mezclado con gas y líquido. El suelo tiene la finalidad de sostener las cimentaciones. Motivo por el cual es importante conocer las propiedades como origen, capacidad para drenar agua, distribución granulométrica, resistencia al corte, compresibilidad, capacidad de carga, etc.

La presente tesis tiene como línea de investigación el diseño de infraestructura vial, siendo el suelo el parámetro más importante en esta línea, cabe indicar que para un correcto diseño se necesita conocer las propiedades físico-mecánicas más importante del suelo, los cuales se indican a continuación:

- a. Análisis granulométrico.
- b. Contenido de humedad
- c. Límites de consistencia
- d. Contenido óptimo de humedad.
- e. Resistencia del suelo (CBR)

A continuación, se describe cada uno de estas propiedades

Análisis granulométrico

Según el MTC E 107 (2016). El ensayo de materiales que se tiene que realizar para el análisis granulométrico es el MTC E 107-2016 (avalada por la norma internacional ASTM D 422), el cual sirve para hacer la clasificación de suelos. El objetivo principal de este es conocer numéricamente la organización de tamaños de partículas de suelo.

El ensayo sirve para conocer los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices hasta el tamiz 74 mm (Nº 200).

Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de Nº4 (74mm):

- Se calcula la cantidad de material (en porcentajes) que pasa por el tamiz de 0,074 mm.

$$\%Pasa\ 0.074 = \frac{Peso\ Total - Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz\ de\ 0.074}{Peso\ Total} * 100$$

Luego se determina el peso retenido (en porcentajes) sobre cada tamiz:

$$\%Retendio = \frac{Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz}{Peso\ Total} * 100$$

Se determina el porcentaje más fino. Sustrayendo de manera acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

Según el MTC (2014), la granulometría de un suelo se puede definir según la tabla nº1.

Tabla 1. *Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

Tipo de material		Tamaño de las partículas (mm)
Grava		75mm - 4.75mm
Arena		Arena Gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm - 0.425mm
		Arena fina: 0.425mm - 0.075mm
Material Fino	Limo	0.075mm - 0.005mm
	Arcilla	< 0.005mm

Fuente: Manual de carreteras del MTC.

Como muestra la tabla 1, las arcillas tienen el tamaño de partículas más pequeñas que los demás tipos de suelo.

Clasificación de suelos

Este se puede clasificar mediante dos métodos, AASTHO y SUCCS.

Según Braja (2001). La clasificación de suelos AASHTO se clasifica en 7 grupos: a-1 a a-3 son granulares y a-4 a a-7 son limo y arcilla. Y De manera similar la clasificación S.U.C.S: utiliza las siguientes nomenclaturas, alta plasticidad (h), arcilla (c), grava (g) bien gradado (w), pobremente gradado (p), baja plasticidad (l) arena (s), limos (m), orgánico (o) y turba.

El procedimiento para identificar el tipo de suelo es como se ve en la figura 2, donde inicialmente se realiza la selección de muestra, luego se determina el tipo de suelo.

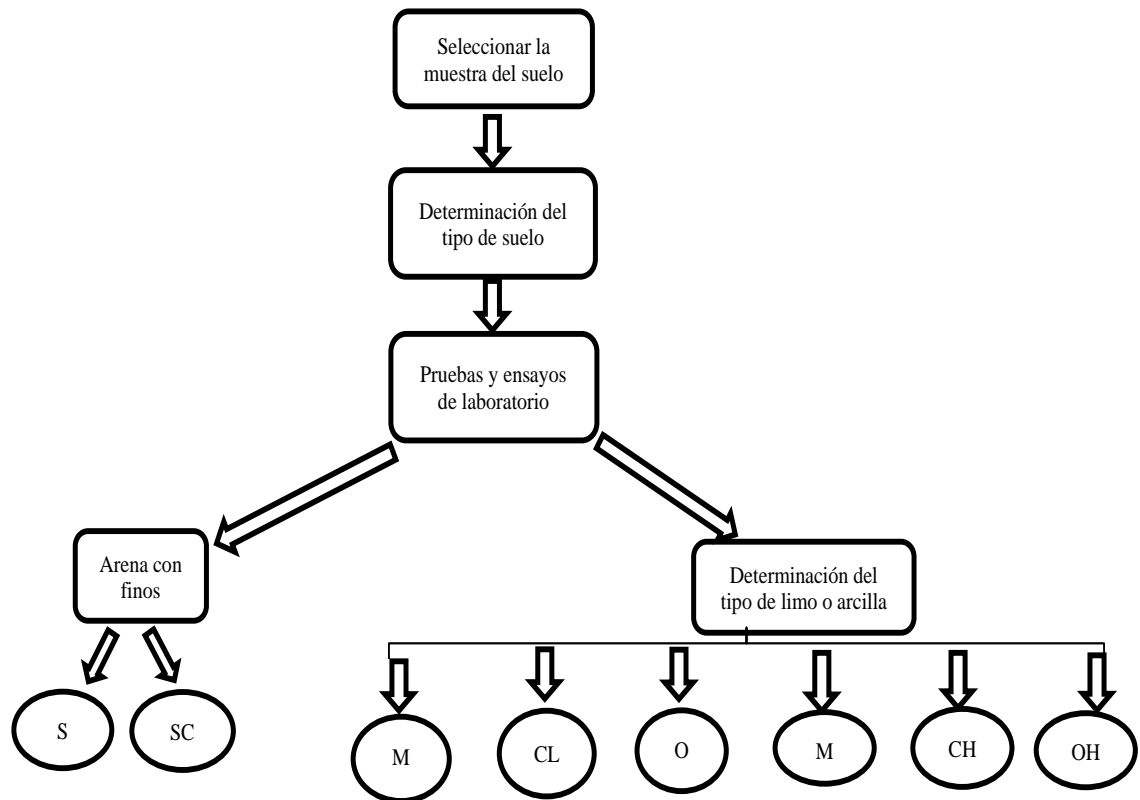


Figura 2. Proceso para la Identificación del Tipo del suelo.

Contenido de humedad

Según el MTC (2016). Indica que para calcular el contenido de humedad se debe tomar en cuenta lo señalado en el manual de MTC E 108-2016.

Este ensayo calcula el porcentaje de agua eliminada en proporción al suelo seco intervenido por el horno a una temperatura de 110-+10°C. Esta prueba está avalado por la norma ASTM D 2216.

Calculamos el contenido de humedad de la muestra:

$$W = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo secado al horno}} * 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} * 100 = \frac{M_w}{M_s} * 100$$

W = contenido de humedad (%).

M_{cs} = *Peso del envase más el suelo secado en horno (gr).*

M_{cws} = peso del envase más el suelo húmedo (gr).

M_w = *Peso del agua (gr).*

M_s = *Peso de las partículas sólidas (gr).*

M_c = *Peso del envase (gr).*

Límites de Consistencia

Es una propiedad que establece la susceptibilidad del comportamiento de un suelo con referente al contenido de humedad (MTC, 2014).

Los límites de Consistencia definen el límite plástico, límite líquido, y el índice de plasticidad.

El límite plástico (LP), es el contenido de agua en la transición de estado semisólido a plástico y el límite líquido (LL) de estado plástico a líquido. A estos se le llama también límites de Atterberg. Con respecto al límite plástico indica el porcentaje de contenido de agua, donde el suelo al enrollarse en rollitos de diámetro de 3.2 mm se desmorona. La prueba es sencilla, se enrolla la muestra sobre la placa de vidrio a mano de forma elipsoidal y se determina el porcentaje contenido de humedad cuando se desmorona, finalmente el Índice plástico (IP), se calcula restando el LL menos el LP. (Braja, 2001).

El parámetro de la plasticidad es la propiedad de estabilidad que define hasta cuanto la muestra no se disgrega con cierto límite de humedad, y la plasticidad solo depende de los elementos finos.

El ensayo MTC (2016). Indica que los procedimientos para realizar los ensayos de los límites de Atterberg son MTC E 110-2016 (LL), MTC E 111-2016 (LP) y MTC E 113-2016 (IP).

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad (IP) denota la resta entre el límite líquido y el límite plástico; siendo una magnitud que representa al intervalo de consistencia plástica del suelo.

Los suelos se pueden clasificar por el valor de índice de plasticidad, tal como se ve en la siguiente tabla.

Tabla 2. *Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad (2014)*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
7<IP≤20	Media	Suelos arcillosos
0<IP≤7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP=0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras del MTC.

La tabla 2 describe la clasificación de los suelos según intervalos de índice de plasticidad, siendo el más crítico, cuando el IP es mayor a 20.

Contenido óptimo de humedad optimo

La prueba para calcular el contenido de humedad es el ensayo de Proctor Modificado.

Para realizar este ensayo de Proctor modificado se usa un molde, con un volumen de 943.3 cm³, similar a la prueba Proctor estándar. Aunque, para este ensayo, el suelo se compacta en cinco capas realizado por un pisón (44.5 N). La altura de caída del pisón es de 457.2 mm. La cantidad de golpes de pisón que se realiza por capa es de 25. La energía de compactación por volumen unitario de suelo se determina como:

$$E = \frac{(25 \text{ golpes/capa})(5 \text{ capas})(44.5 \cdot 10^{-3} \text{ KN})(0.4572 \text{ m})}{943.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 2696 \text{ KN-m/m}^3$$

Por el incremento del esfuerzo de compactación, con la prueba Proctor modificado incrementa el peso específico máximo del suelo y disminuye el optimo contenido de agua. (Braja, 2001).

Cálculos a realizar:

- ✓ Contenido de humedad. - cálculos tal cual indicados en la presente tesis anteriormente.
- ✓ Peso Unitario Seco. - se calcula de acuerdo a las tres ecuaciones descritas a continuación.
- ✓ Densidad húmeda (ρ_m).

$$\rho_m = 10^3 * \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

ρ_m = Densidad Húmeda de la muestra compactada (Mg/m³)

M_t = Masa de la muestra húmeda y molde (kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³)

M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)

- ✓ Densidad seca de la muestra compactado (ρ_d)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

ρ_d = Densidad seca de la muestra compactada (Mg/m³).

W = contenido de agua (%)

- ✓ Peso unitario seco del espécimen compactado (γ_d)

$$\gamma_d = 9.80 * \rho_d \left(\frac{KN}{m^3} \right)$$

Resistencia del suelo (CBR)

Según MTC E 132 (2016). El ensayo utilizado para hallar la resistencia del suelo es el ensayo de CBR, con este ensayo se analiza la resistencia potencial de la subrasante, material de base y subbase. Este ensayo está avalado por ASTM D 1883.

Este ensayo nos ayuda a calcular la resistencia del suelo para lo cual debe estar referido al 95% de la densidad máxima seca a una penetración de 2.54mm.

CALCULOS

- Humedad de compactación. Es el porcentaje de cantidad de agua que se debe incrementara al suelo con su humedad natural para que logre la humedad optima, Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} * 100$$

H = Humedad natural

h = Humedad prefijada.

- Densidad o peso unitario. Se determina por el ensayo de Proctor modificado.
- Agua absorbida. Se determina a partir del peso seco de la muestra y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Presión de penetración. Se determina la presión hecha por el penetrómetro y luego se procede a dibujar la curva para calcular las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; se ajusta el punto de curva a cero para enmendar las irregularidades de la superficie que inciden en la forma inicial de la curva.
- Expansión. Es la diferencia entre la lectura final e inicial del deformímetro una vez sumergido el espécimen, dividido entre la altura de la muestra en el molde que es de 127mm (5").

$$\% \text{ de expansión} = \frac{L2-L1}{127} * 100$$

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

El índice resistente CBR. También se llama relación de soporte, este parámetro se refiere a la expresión en porcentajes de la presión accionado por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

Tabla 3. *Características de la muestra patrón (2016)*

Penetración		Presión		
Mn	Pulgadas	MN/m2	Kgf/cm2	lb/plg2
2.54	0.1	6.9	70.31	1.00
5.08	0.2	10.35	105.46	1.50

Fuente: Manual de ensayos de materiales del MTC.

La tabla 3 muestra las características de la muestra patrón, donde cada distancia de penetración tiene una característica numérica de presión.

De acuerdo al MTC (2014), Para obtener el CBR de diseño, cuando el CBR es menor a 6 se sigue los siguientes criterios.

Si los resultados no son parecidos, se toma el valor más crítico. Y si los resultados son similares se calcula el promedio.

Después de determinar el CBR de diseño, se procede a clasificar la subrasante según la tabla n°4.

Tabla 4. *Categoría de Sub rasante (2014)*

Categorías de Sub rasante	CBR
Sub rasante Inadecuada (So)	CBR < 3%
Sub rasante Insuficiente (S1)	3% <= CBR < 6%
Sub rasante Regular (S2)	6% <= CBR < 10%
Sub rasante Buena (S3)	10% <= CBR < 20%
Sub rasante Muy Buena (S4)	20% <= CBR < 30%
Sub rasante Excelente (S5)	CBR >= 30%

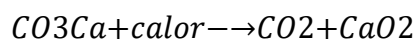
Fuente: Manual de carreteras del MTC.

La tabla 4 describe las diferentes categorías que se le da a la subrasante dependiendo del resultado de CBR, siendo lo más óptimo cuando el CBR es mayor.

Estabilizantes químicos

La cal

Según Parra (2018) La cal, es un material sólido amorfo y de color blanco, cuyo valor se obtiene de la descomposición de la roca caliza aplicando un calor de 900°C. tal como se muestra en la siguiente reacción.



En estado natural, al añadir calor al carbonato de calcio (CO_3Ca) se obtiene (CO_2) y (CaO) o cal viva.

En cuanto a los tipos de cal utilizados en carreteras según (MTC, 2018), tenemos el óxido de calcio o hidróxido de calcio que es el resultado del quemado de las rocas calizas.

A continuación, se describe las características de la cal viva según la norma ASTM C977-03.

Tabla 5. Características Típicas de la cal viva.

Características	Valores típicos
Concentración de CaO y MgO	$\geq 90 \%$
Dióxido de carbono	$\leq 5.0\%$
Humedad libre	$\leq 2. \%$

Fuente: Norma ASTM C977-03.

La Sal (cloruro de sodio)

La sal Según el MTC (2014), es un componente químico que se da en forma de cristales, los cuales son muy solubles al agua, por tanto, son higroscópicos y en el mercado se consiguen con diferentes formas (en polvo fino o grandes cristales). La sal se produce mediante tres métodos, la primera mediante la evaporación del agua, la segunda mediante la extracción de las canteras de sal (extracción directa) y finalmente el tercer método mediante vaporización del agua de mar, siendo la sal de Maras extraído por el primer método evaporación del agua.

En la tabla n6 se detalla las características típicas del NaCl.

Tabla 6. *Características típicas del NaCl (2014)*

Características	Limites
Grado de pureza	98.00-99.70%
Humedad	2 - 3%
Material insoluble	0.007-0.157 %
Ion Calcio	0.035 - 0.910 %
Ion magnesio	0.002 - 0.074 %
Ion sulfato,	0.125 - 0.355 %
Tamiz 4.75mm (N°4)	20 - 50%
Tamiz 1.18 (N°16)	50 - 70%
% pasa Tamiz 1.18 mm (N°16)	< 13%

Fuente: Manual de carreteras del MTC.

Infraestructura de camino

Según MTC (2014). La infraestructura de camino posee los siguientes componentes

- Sub rasante del Camino
- Afirmado
- Pavimento
- Drenaje.

La subrasante

Según el MTC (2014) Es la superficie concluida de la carretera a nivel de movimiento de tierras es decir cortes y rellenos, sobre la cual se construye el pavimento.

Las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura y junto con el tránsito, son las variables fundamentales para el diseño de la estructura del pavimento que se pondrá encima de la subrasante. En la etapa de construcción, los 30 cm. La capa superior de la sub rasante, tendrán que ser compactados al 95% de la MDS calculada del ensayo Proctor modificado (MTC EM 115).

La subrasante que se encuentra a una profundidad de 0.60m, tendrán que tener la condición de un $\text{CBR} \geq 6\%$ (Sub rasante pobre o subrasante inadecuada, corresponde a o estabilizar los suelos, para lo cual se analizara la mejor solución, como el mejoramiento del suelo mediante la estabilización mecánica, estabilización química, el reemplazo de suelo de cimentación, cambiar el trazo vial, elevación de la rasante, estabilización con geo sintéticos; escogiendo el más recomendable tanto técnica y económicamente (MTC 2014).

Estabilización de suelos

Este procedimiento consiste en mejorar las propiedades físicas por medio de procedimientos mecánicos, adición de productos naturales, sintéticos o químicos, estos procedimientos se realizan cuando el suelo es inadecuado o insuficiente (MTC 2014).

Dentro de los criterios geotécnicos para estabilizar el suelo indicados en el manual de caminos del MTC, es que para considerar un suelo como material apto de la capa de la subrasante necesariamente el CBR debe ser $\geq 6\%$, caso contrario se tiene que proceder a realizar la estabilización. Los suelos que preponderantemente se encuentren en el entorno que necesitan estabilizar, son las arenas limosas o arcillosas, arcillas y limos.

Según Chavez (2019), Los principales usos de la estabilización de suelos son:

a. Mejoramiento de la calidad del suelo

A través de la estabilización se logra mejoría en la reducción del índice plástico y el potencial de expansividad y se logra incrementar la durabilidad y dureza.

La estabilización también se utiliza para mejorar las operaciones constructivas en climas húmedos.

b. Reducción del espesor

En un diseño adecuado los espesores de la base se pueden reducir si la subrasante tiene dureza, gradación, durabilidad necesitada y estabilidad.

Métodos de estabilización

La estabilización de suelos se puede realizar por diferentes métodos. Los cuales se detallan a continuación:

- Estabilización por sustitución de suelos
- Estabilización mecánica de suelos
- Estabilización por combinación de suelos
- Suelos estabilizados con cal
- Suelos estabilizados con cloruro de sodio.

A continuación, se detalla los suelos estabilizados con cloruro de sodio y cal.

Suelos estabilizados con sal (cloruro de sodio).

Según (MTC, 2014) la sal es un estabilizador natural, cuya composición aproximada es 98% de NaCl. Y 2% de limos y arcillas. Dentro de sus propiedades principales es el mejoramiento de la cohesión y la reducción del punto de evaporación del suelo. La capacidad coagulante hace que a un menor esfuerzo mecánico logra la densificación esperada, para su aplicación el IP debe ser mayor a 8%, pero para los suelos que pasa la malla n°200, el índice de plasticidad debe ser mayor a 12%. La dosificación recomendada de sal es de entre 50 a 80 Kg/m³ de suelo y el agua a utilizar debe ser limpia el cual puede ser incorporado a la sal para producir una salmuera.

Suelos estabilizados con cal

Según el (MTC, 2014), un efecto principal de la cal en el suelo, es el de disminuir su índice de plasticidad.

Al dosificarlo el suelo con cal este se vuelve más granular teniendo un efecto de subir su LP y densidad seca máxima permite el mejoramiento del suelo.

Dentro de las propiedades más importantes que se obtienen de la estabilización con cal son:

- La reducción del LL y el incremento del LP origina la disminución del IP.
- Al reducirse el contenido de humedad el suelo es más trabajable.
- El potencial de hinchamiento y el potencial de contracción se reduce.
- En algunas situaciones se alcanza hasta el 40% de aumento la resistencia a la compresión.
- Existe un incremento de CBR.

Marco legal

En la especialidad de estructura vial, existen normas y reglamentos específicos sobre carreteras; los cuales se detallan a continuación:

- Ley 27181, Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre aprobada el 26 febrero del 2015, donde el artículo 23 de la presente ley indica los reglamentos nacionales necesarios para la implementación de la referida Ley, entre los cuales se encuentra el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.
- D.S. N° 034-2008-MTC Reglamento Nacional de Gestión infraestructura Vial aprobada el 25 de octubre del 2021, donde se detalla en el Artículo 22º detalla sobre el manual Del contenido del manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos y en el artículo 26 se detalla el manual especificaciones técnicas generales para construcción y finalmente el artículo 27 que el manual del contenido del manual de ensayo de materiales.
- Norma Técnica Peruana: NTP 339.127 y NTP 339.128.
- Manual De Ensayos de materiales del MTC: MTC E 108, MTC E 115 y MTC E 132

Marco conceptual

Densidad Máxima Seca: Se refiere al valor de la densidad seca cuando alcanza la humedad optima de compactación.

Propiedades Físicas Del Suelo: Son las propiedades como la granulometría, los límites de consistencia y la humedad del suelo.

Propiedades Mecánicas de los Suelos: Son todas las propiedades relacionadas con fuerzas externas que se ejercen sobre el suelo, como la resistencia a el corte, la resistencia a la compresión, etc.

Dosificación: Es la cantidad establecida para un tipo de mezcla.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación es Cuasi experimental.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) indica que el diseño experimental es la inspección en la que se manipula adrede, una o más variables independientes para examinar los efectos en la variable dependiente

El diseño que se utiliza en este estudio es experimental porque se manipulo la variable independiente de manera intencional (la cantidad de incorporación de la sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante) para conocer su consecuencia en la variable dependiente que es la estabilización del suelo.

Y es Cuasi experimental porque la determinación del espécimen no fue aleatoria, aunque el factor de exposición fue manipulado por el investigador.

Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicado.

Para Tamayo y Tamayo (2006), la forma de investigación aplicada se relaciona directamente a la investigación pura, debido a que depende de sus aportes teóricos; es la aplicación o el estudio de la investigación a problemas concretos.

La investigación aplicada tiene como propósito solucionar un determinado problema, enfocándose en la búsqueda y afianzamiento del conocimiento para ser empleado y, por ende, para el beneficio del progreso cultural y científico.

El tipo de diseño del presente estudio es aplicativo, debido a que se usó conocimientos derivados de una investigación básica.

Nivel de investigación:

El nivel de investigación es Explicativo

“En la investigación explicativa se analizan causas y efectos de la relación entre variables” (Bernal, 2010, p. 115).

Según la cita anterior nuestra investigación es de nivel explicativo, porque en la investigación se analiza las causas y efectos entre la variable independiente y la variable dependiente.

Enfoque de la Investigación:

El enfoque de la investigación es Cuantitativa.

Hernández et al. (2014) indica que usa el cálculo de datos numéricos y análisis estadístico para comprobar la hipótesis del estudio en base a la recopilación de datos, con el propósito de instituir pautas de comportamiento y ensayar teorías.

El enfoque para nuestra investigación es de tipo cuantitativa por que se recolecta datos numéricos para probar la hipótesis mediante cálculos numéricos y análisis estadístico.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente:

Incorporacion de sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante

Subrasante

Es el suelo en si que sirve como estructura de soporte para los demas elementos de la via, esta es la capa mas importante pero a la vez son elementos que no son suficientes encontrados naturalmente es por eso que se le hace su debido tratamiento.

Material estabilizante (sal de Maras y cal de Huanca)

Según MTC (2016). Son productos quimicos los cuales se mezclan homogenea e intimamente con el suelo a estabilizar siguiendo las pautas que nos recomienda los distintos manuales del producto.

La sal de Maras es una cantera de NaCl que se presenta en forma de cristales, que se diluyen con facilidad en agua, donde tienen las presentaciones de cristales grandes o polvo fino y la cal de Huanca es una cantera de cal viva es la piedra caliza quemada a temperaturas altas en donde su composicion prinsipal es el CaO.

Variable Dependiente

Estabilizacion

Según MTC (2014).Es la modificacion de las propiedades físicas para mejorar un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

En nuestra investigacion modificaremos las propiedades del suelo con los materiales estabilizantes como la sal de Maras y cal de Huanca. Se debe mencionar que el cuadro de operacionalizacion de variables se ubica en el Anexo 2.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población

La población “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Hernández et al. 2014, p. 174).

En nuestro estudio la población es el suelo de la Vía Tupac Amaru que tiene una longitud de 759 m, la vía está ubicada en la APV Juscapampa.

Muestra

La muestra es un subgrupo de la población. Es decir, es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto llamado población. (Hernández, et al. 2014, p. 173).

La muestra no probabilística es el subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación. (Hernández, et al. 2014, p. 174).

Por tanto, las muestras de la presente investigación son muestras no probabilísticas por conveniencia porque son muestras dirigidas o delimitadas en el manual de carreteras del MTC y por conveniencia porque tenemos acceso disponible.

Según el MTC (2014) son carreteras de bajo volumen de tránsito cuando el IMDA es menor a 200 Vehículos/día, en una calzada, para esta carretera la cantidad mínima de calicatas es de 1 por Kilómetro.

La Vía Tupac Amaru tiene una longitud de 759m y es una carretera de bajo volumen de tránsito por que el IMDA determinado es de 49 Vehículos por día Ver anexo 7; por consiguiente, la muestra representativa fue el suelo extraído de las dos calicatas.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.

El procedimiento adecuado para esta técnica son la recogida, identificación y análisis de documentos que están relacionados al contexto que se estudiara. (Berenguera, Fernández, Pons, Pujol, Rodríguez y Saura S, 2014, p.126)

FICHA DE ANALISIS DOCUMENTAL	
Nombre de documento: (Registre el nombre o titulo del documento consultado)	
Autor (Registre el nombre completo del autor)	
Referencia bibliografica según norma APA (Registre la referencia bibliografica completa de acuerdo a la estreutura que corresponda en norma APA)	
Palabras clave de busqueda (Registre las palabras con las que resalizo la busqueda)	
Palabras clave de texto (Registre las palabras claves que aparecen)	
Ubicación(direccion electronica) (Registre la URL para los documentos encontrados en la web)	
Descripción del aporte al tema seleccionado (Presente una descripcion argumentada de aportes que considere oprtuno)	
Conceptos abordados (Conceptos claves que le aporta a su tema explicando por que)	

Figura 3. Ficha de recolección de datos documentales.

La Figura 3, muestra la ficha utilizada para hacer la técnica de recolección de datos, todos estos documentos son variados así que mediante este instrumento se clasifico y se seleccionó todos los documentos que sirven para esta investigación.

Las técnicas usadas en la recolección de datos se refieren fundamentalmente en observar y analizar diferentes muestras según sea el método a través de un conjunto de categorías y subcategorías (Hernández et al. 2014, p. 252).


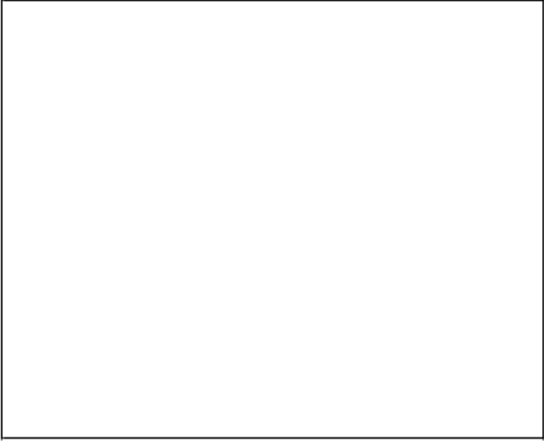
		FICHA DE DESCRIPCION DE CAMPO PROYECTO: "EVALUACION DEL SUELO ADICIONANDO SAL DE MARAS Y CAL DE HUANCA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA TUPAC AMARU, APV JUSCAPAMPA, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO, AÑO 2021"			
VISITA Nº		CODIGO HOJA		DATUM	WGS 84
UBICACIÓN:					
PROV:					
DIST:					
DESCRITA POR:					
		FOTOGRAFIA 			
ESTADO					
COORDENADAS UTM					
X	Y	Z			
DESCRIPCION DEL LUGAR					
OBSERVACIONES					

Figura 4. Ficha de descripción de campo.

La figura 4 es la ficha de campo que se usó para la descripción del lugar donde se extrajo las muestras, con el propósito de identificar datos importantes para nuestra investigación como son las coordenadas UTM del lugar de la cantera, el de acceso entre otros. Para esta investigación, la recolección de datos se determinó por medio de la observación científica.

FICHA DE CARACTERIZACION DE CANTERA					
NOMBRE:					
ACCESO:					
TIPO DE CANTERA (SALINERAS MARAS):					
COORDENADAS <u>UTM DATUM</u> : WGS 84					
<div style="display: flex; align-items: center;"> + <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; background-color: #FFD700;">ESTE</td> <td style="width: 50%; text-align: center; background-color: #FFD700;">NORTE</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </table> </div>		ESTE	NORTE		
ESTE	NORTE				
UBICACIÓN GENERAL:					
DISTRITO:	CASERIO: -				
ANEXO: -	COMUNIDAD: MARAS				
UBICACION GEOGRAFICA:					
<u>ALTITUD</u> (msnm): 3005 msnm					
DESCRIPCION:					
1.					
FOTOGRAFIA:					

Figura 5. Ficha de caracterización de cantera

En la Figura 5, muestra la ficha de caracterización de cantera, el cual fue utilizado tanto para la cantera de sal de Maras y Cal de Huanca.

3.5. Procedimientos

El primer paso en nuestro trabajo fue primero el de reconocer y visitar el lugar donde se realizó nuestra investigación el cual es una de las vías de la asociación de ladrilleros como se visualiza en la figura n°7, para este paso usamos la ficha de descripción de lugar que vimos anteriormente.



Figura 6. Entrada a la APV Juscapampa.

En la figura 6, se muestra la entrada al lugar de la investigación que es la APV Juscapampa, pero dentro de esta tenemos una asociación de tejas y ladrillos donde su actividad económica principal es la fabricación de los mismos.



Figura 7. Excavación de la calicata-01.



Figura 8. Excavación de la calicata-02.

Como siguiente paso obtuvimos los permisos necesarios de la de los directivos de la asociación para la excavación de las calicatas por medio de una retroexcavadora y a la recolección de las muestras de las 2 calicatas como se aprecia en las Figura 7 y Figura 8, la recolección de estas muestras se hizo estrictamente en cumplimiento de las normas y técnicas para recolección de muestra del MTC.

Localización y extracción de los materiales estabilizantes

Sal de maras

Lugar

La localización de nuestro primer estabilizante se encuentra a 46 kilómetros de la ciudad del Cusco en el distrito de Maras, provincia de Urubamba.



Figura 9. Vista panorámica de la salinera de Maras.

Luego de definir el lugar de la cantera de sal se visitó este lugar, la ruta fue en auto desde la ciudad de Cusco donde se demoró un aproximado de 1 hora. En la Figura 9 se muestra el lugar de la cantera de Maras, donde en una primera instancia se presento a la oficina de despacho para comprar la muestra, esto debido a que la obtención de las muestras de sal no pueden hacerlo personas ajenas a este lugar.

Costo y transporte

Este material fue comprado de la misma salinera con un costo de 30 soles la cantidad de 50 kg, esta sal es de una categoría N° 3 o también llamada para uso industrial y no es comestible, la extracción es realizado por los mismos pobladores, motivo por la cual no pudimos hacer la extracción, con respecto al su transporte se hizo en auto a la ciudad del Cusco para su respectivo análisis físico químico.

Cal de huanca

Lugar

La cantera Huanca que se encuentra a los alrededores del centro poblado de Huambutio, distrito de Lucre, provincia de Quispicanchis.



Figura 10. Cantera de cal de Huanca.

La Figura 10, muestra el momento donde se hace el empaquetado y el carguío de la Cal para su comercialización, aclaramos que el procedimiento para la obtención de cal en este lugar es artesanal y la obtención de muestra es comprando del mismo lugar.

Costo y transporte

El costo de material fue de 35 soles por el peso aproximado de 20 kg, tenemos que indicar que el uso de este material se encuentra restringido. El transporte se hizo en auto hasta la ciudad del Cusco para realizar el análisis en el laboratorio de la UNSAAC y su posterior uso para la estabilización del suelo.

3.6. Métodos de Análisis de datos

Una vez recolectado los datos, se procedió a realizar el análisis utilizando el software EXCEL, para lo cual previamente los instrumentos fueron sometidos a pruebas de validez y fiabilidad, los resultados fueron analizados estadísticamente con la prueba ANOVA, para contrastar la hipótesis. Finalmente se presentó gráficos y tablas para su respectiva interpretación.

3.7. Aspectos éticos

Un investigador debe tener una conducta apropiada, respetar lo establecido siguiendo las normas y estatutos correspondientes, por ello todo investigador debe respetar los aportes y publicaciones que fueron de uso en el desarrollo de la investigación (STEPHEN I., y otros, 2015 pág. 2)

Esta investigación es auténtica y original por esta razón se respeta la propiedad intelectual de los autores que fueron citados y fueron a la vez de gran ayuda para fortalecer el panorama metodológico de esta investigación.

También en esta investigación respetamos el medio ambiente con el uso de aditivos que son naturales como la sal y cal las cuales no alteran ni perjudican el ecosistema del medio ambiente.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Nombre del proyecto

“Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización en la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021”

Ubicación política

Esta investigación se realizó en la vía Tupac Amaru, la cual no está pavimentada en el distrito de San Jerónimo, Provincia del Cusco, Departamento del Cusco.

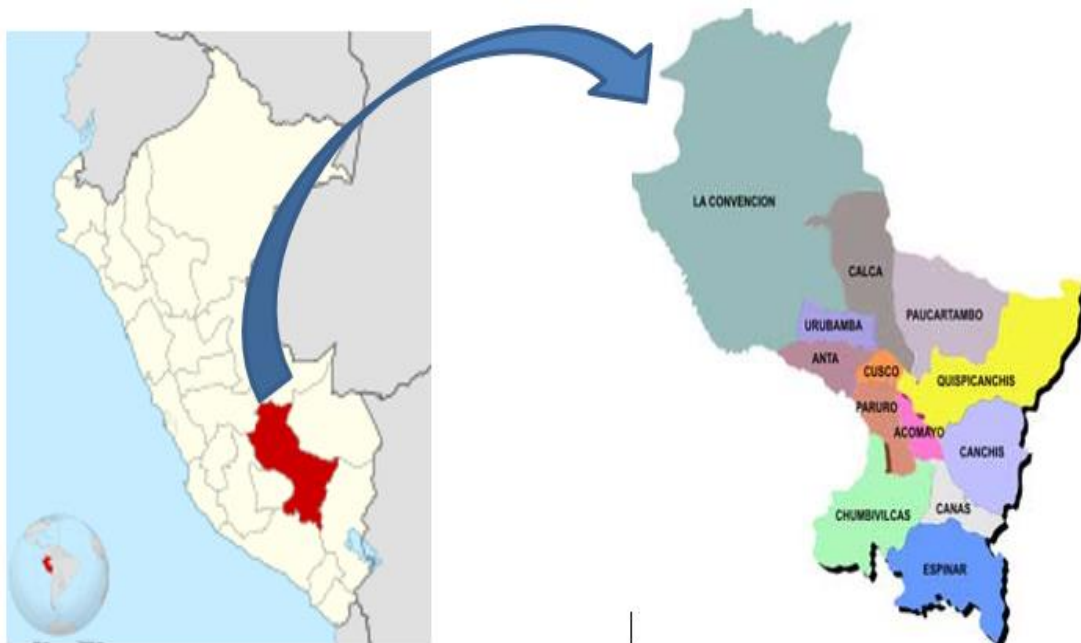


Figura 11. Mapa político del Perú.

Acceso a la ubicación del proyecto

El lugar de la investigación se encuentra a 35 min del centro histórico del Cusco en auto y el acceso es por la vía de Evitamiento, cerca al almacén de Petro Perú.

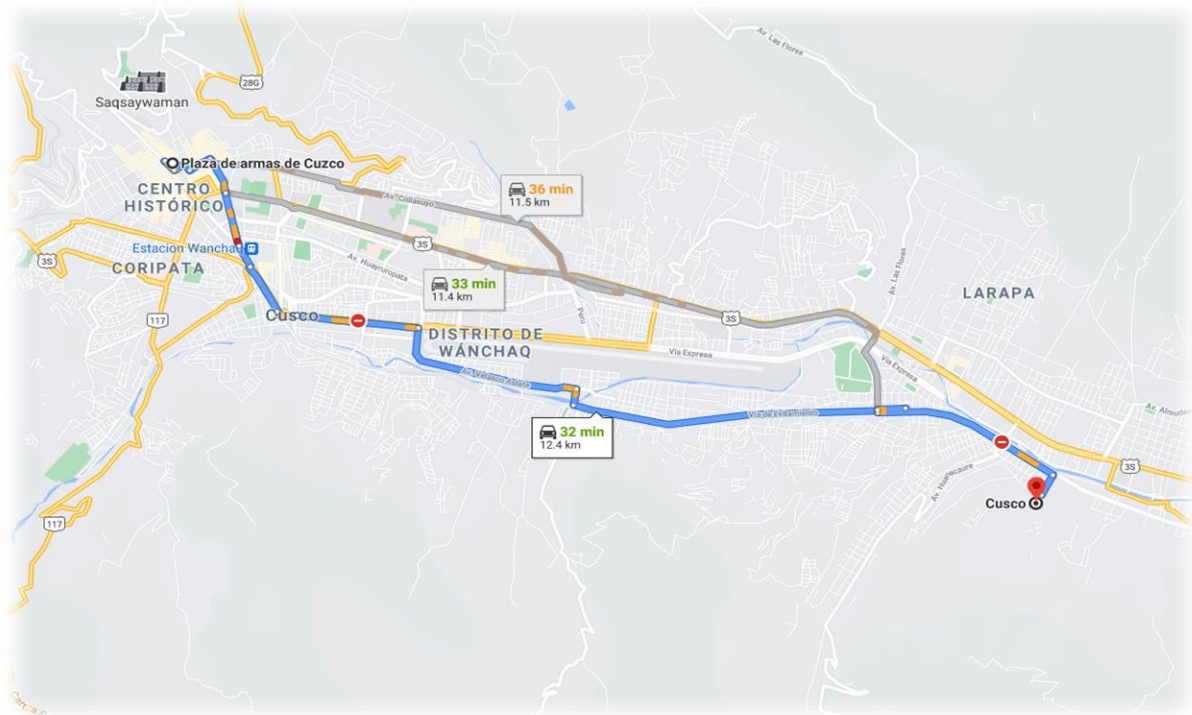


Figura 12. Ruta del centro histórico del Cusco hacia APV Juscapampa.

La figura 12 nos muestra la ruta para llegar al lugar de investigación, como se observa la vía Tupac Amaru se encuentra en la periferia de la ciudad, y con respecto a los pobladores que habitan esta vía.

Ubicación del proyecto

Esta investigación se realizó en la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, distrito de San Jerónimo, Departamento de Cusco. La vía Tupac Amaru es una carretera con dos carriles de tercera clase.

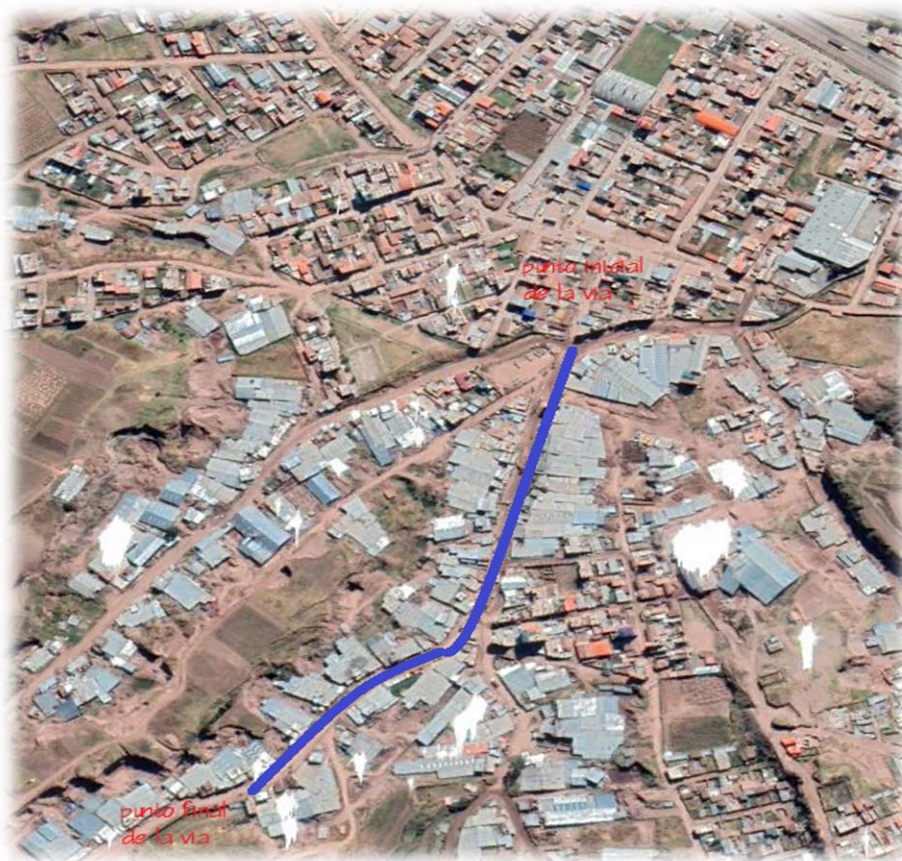


Figura 13. Vía Tupac Amaru de la APV Juscapampa.

Se escogió esta vía para la investigación, para poder contribuir con el mejoramiento de la carretera Tupac Amaru, y de esta forma aumentar la calidad de vida de los pobladores de la A.P.V Juscapampa, en el cual la mayoría se encarga de la producción de ladrillos, otro factor importante para elegir este lugar es por factores geotécnicos en donde el suelo de la vía es en gran parte arcilloso.

Clima

El distrito de San Jerónimo presenta un clima seco entre los meses de Marzo a Noviembre y el resto del año con presencia de torrenciales lluvias, y la temperatura promedio es de 7º C. según los estudios realizados por el SENAHI

Resultados del análisis químico de la sal de Maras y cal de Huanca

Estos análisis son los encargados de dar medición a muchas propiedades del objeto en si con el propósito de conocerlo más a fondo.

Tabla 7. *Análisis físico químico de la cal de Huanca*

Resultados de análisis fisicoquímico	
CAL DE HUANCA	
Humedad %	10.20
CaO%	80.60
MgO%	1.92
Co2%	0.70

Fuente: Laboratorio de análisis químico de la UNSAAC

Según las características de la cal viva la concentración de óxido de calcio y oxido de magnesio es mayor o igual al 90%, en este caso la cal de Huanca tiene 82.52% de concentración de CaO y MgO también observamos que la humedad típica es menor o igual al 2% en este caso vemos que nuestra muestra la humedad es del 10.20% motivo por el cual la muestra de cal tendrá que ser secado antes de realizar los ensayos.

Tabla 8. *Análisis físico químico de la sal de Maras*

Resultados de análisis fisicoquímico	
SAL DE MARAS	
Humedad %	0.88
Materia Insoluble %	1.60
NaCl % (pureza)	96.50
Calcio %	0.16
Magnesio %	0.12
Sulfatos %	0.20

Fuente: Laboratorio de análisis químico de la UNSAAC

En la Tabla 6, se indica que el grado de pureza típica del cloruro de sodio varia del 98% al 99.7% y la sal de Maras como vemos en la Tabla 8 tiene un grado de pureza de cloruro de sodio del 96.50% y la humedad típica es del 2% al 3% según la Tabla 6 y según la Tabla 8 nuestra muestra tiene una humedad de 0.88% por tanto no será necesario disminuir su humedad antes de usarlos en los ensayos, también tenemos que decir que las pruebas fisicoquímica de ambos materiales se realizaron en la UNSAAC, para ver el informe completo se recomienda ver el Anexo 4.

Ensayos en suelo natural

En esta parte de la investigación nos enfocaremos en presentar los resultados de todos los ensayos que se hizo a las muestras del suelo natural extraídos de la Vía Tupac Amaru.

Para el cálculo de la cantidad de calicatas se realizó en base al manual de carreteras donde indica que para una carretera de bajo volumen de tránsito de una calzada la cantidad mínima de calicatas por kilómetro es de 1 und, por tanto, conociendo que la longitud del tramo de la vía es de 759 m, la cantidad de calicatas que se realizó para el estudio fue de 2 unidades.

El análisis granulométrico por tamizado consiste en utilizar un conjunto de tamices estandarizados, y en calcular el porcentaje de masa acumulado en cada tamiz de estos respecto a la masa inicial de la muestra.



Tabla 9. Ensayos realizados en suelo natural.

	NOMBRE DE LOS ENSAYOS	DURACION	CANTIDAD	PROCESO
1	Análisis granulométrico	01 día	2	El análisis granulométrico por tamizado es un ensayo que utiliza un conjunto de tamices estandarizados, y donde se halla el % de masa acumulado en cada tamiz respecto a la masa inicial de la muestra.
2	Límites de consistencia	03 días	14	<p>Limite Liquido: En esta etapa se realizará mediante el uso del instrumento Casagrande y así poder obtener la cantidad de agua que hay antes de pasar a un estado pastico</p> <p>Limite Plástico: Se tomará parte de la muestra de la cuchara de Casagrande y se procederá a hacer cilindros de 3 mm de Ø sin que se rompa, con esto se obtiene la cantidad de humedad más baja y el índice de plasticidad</p>
3	Proctor modificado	08 días	14	Proctor modificado: Este ensayo determinar la relación que existe entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua de los suelos generándose una curva de compactación. El proceso es compactar en un molde con un pisón de 44,5 N que cae de una altura de 1457 mm, produciendo una Energía de Compactación de 700 kN-m/m ³ . esta prueba se utiliza sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas Retenidas en el tamiz de 19,0 mm.
4	CBR	10 días	14	Con esta prueba se obtiene al esfuerzo cortante del suelo. Teniendo muy en cuenta la humedad y densidad. Se adiciona diferentes tipos de porcentaje de aditivos de sal y cal hasta encontrar el más favorable.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9, se da a conocer el resumen de los días que duraron los ensayos y el procedimiento para cada uno de ellos

A continuación, se muestran las fichas que se utilizaron para realizar el procesamiento de las propiedades del suelo natural y con aditivos como son: análisis granulométrico y límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES GAC E.I.R.L. 	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
PROCTOR MODIFICADO MTC E 115	
DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO	0
UBICACIÓN	0
MATERIAL	0
FECHA	0

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas				
Número de golpes				
Peso suelo + molde (gr.)				
Peso molde (gr.)				
Peso suelo compactado (gr.)				
Volumen del molde (cm ³)				
Densidad húmeda (gr/cm ³)				

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)								
Tara + suelo húmedo (gr.)								
Tara + suelo seco (gr.)								
Peso del Suelo Húmedo (gr.)								
Peso del Suelo Seco (gr.)								
Peso de agua (gr.)								
Humedad (%)								
Promedio								
Densidad Seca (gr/cm ³)								

c. Densidad Seca (gr/cm ³)		Contenido Humedad Optima (%)	
--	--	------------------------------	--

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

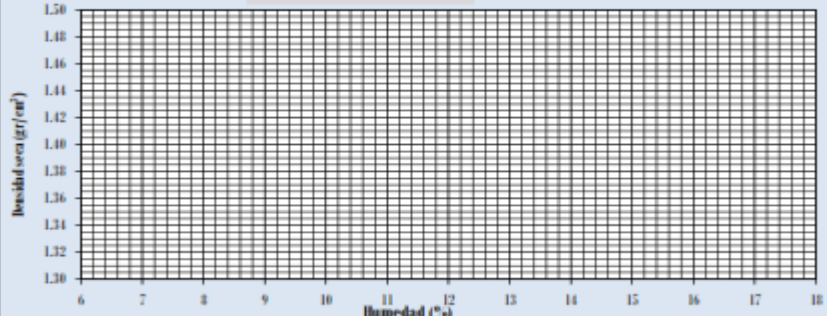


Figura 15. Ficha de cálculo del ensayo Proctor modificado.

En la Figura 15, se muestra la ficha utilizada para la determinación del ensayo de Proctor modificado, cuya finalidad es calcular el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima, estos resultados nos sirvió más adelante para hacer el ensayo de CBR.



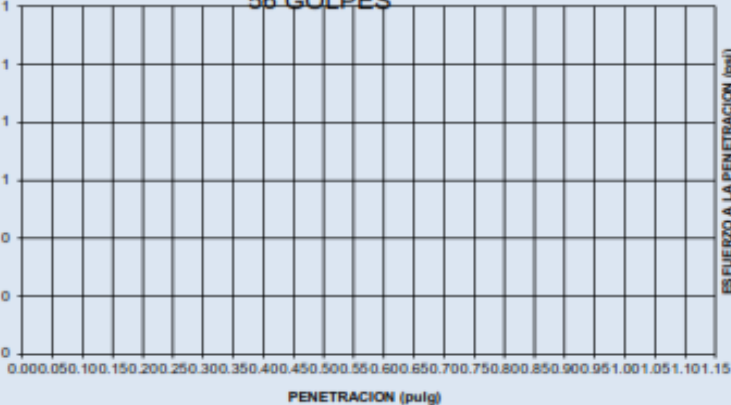
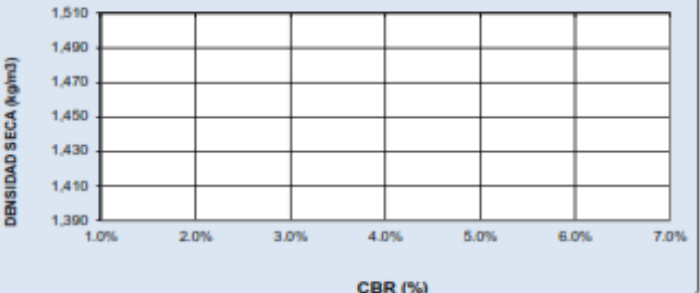
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES GAC E.I.R.L.	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
GRAFICO DE CBR		
DATOS DE LA MUESTRA		
PROYECTO UBICACIÓN MATERIAL FECHA		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">56 GOLPES</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;">  </div>		
RESULTADOS		
MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)		CBR AL 95% DE MDS =
HUMEDAD OPTIMA (%)		CBR AL 100% DE MDS =
Nro. DE GOLPES (%) EXPANSION (%) ABSOR.		VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: $CBR (0.1") / CBR (0.2") = \#1DIV/0!$
56 GOLPES		OBSERVACION
25 GOLPES		
12 GOLPES		

Figura 16. Ficha de cálculo del ensayo de CBR.

La ficha mostrada en la Figura 16, muestra el procedimiento para determinar el resultado del CBR en nuestras 2 calicatas.

Clasificación del suelo natural C-01 y C -02

Para clasificar un suelo ya sea por el método SUCS o AASHTO, previamente se realiza el ensayo de granulometría, cuyo objetivo principal es hallar la distribución de tamaños de partículas de suelo por tamices.



Figura 17. Recolección de las muestras de las calicatas.

La Figura 17, muestra la etapa de la extracción de la muestra para lo cual se basó en lo indicado en el manual de ensayos del MTC E 101 Muestreo De Suelos Y Rocas, así como el ensayo MTC E 104 Conservación Y Transporte De Muestras De Suelos.

Una vez recogida las muestras de las calicatas C-01 y C-02 siguiendo los protocolos respectivos, se llevó al laboratorio para sus correspondientes ensayos y análisis.

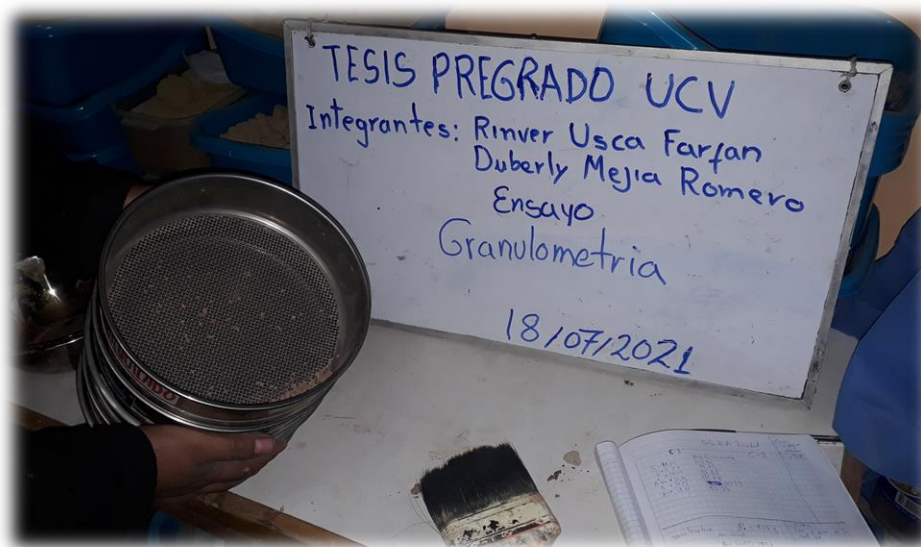


Figura 18. Ensayo granulométrico del suelo natural.

La Figura 18, muestra la etapa del ensayo de granulometría del suelo natural tanto para la calicata n°1 y 2, para lo cual se utilizó los tamices y el procedimiento indicados en el manual de ensayo MTC E 107 Análisis Granulométrico De Suelos Por Tamizado.

Tabla 10. Clasificación de suelos C-01 y C-02.

MUESTRA	CONTENIDO DE MATERIAL			CLASIFICACION DE SUELO	
	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	SUCS (ASTM D2487)	AASHTO (D3282)
C-01	0.0	4.7	95.3	CL	A-6
	NOMBRE DE GRUPO			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	
C-02	0.0	4.6	95.4	CL	A-6
	NOMBRE DE GRUPO			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 se observa los resultados de la granulometría, datos obtenidos de los ensayos detallados en el Anexo 5 (Ficha de granulometría y límite de consistencia)

Tanto en la calicata C-01 como en la calicata C-02 la mayor cantidad de material predominante son los finos. Con respecto a la clasificación SUCS, ambas calicatas pertenecen al grupo de arcillas de baja plasticidad (CL), porque cumplen las condiciones y con respecto a la clasificación AASTHO, ambas calicatas están dentro del grupo A-6.

Contenido de humedad del suelo natural C-01 y C-02

Según el MTC (2016), con este ensayo hallamos la cantidad de agua eliminada del suelo húmedo durante el secado en un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Tabla 11. *Contenido de humedad del suelo natural C-01 y C-02.*

MUESTRA	Contenido de humedad (%)			Promedio (%)
C-01	18.05	19.24	18.64	18.64
C-02	21.81	21.72	23.02	22.18

Fuente: Elaboración propia

Para calcular los valores de la Tabla 11 inicialmente se registró la masa de tres contenedores (tara) para cada calicata, luego se registró el peso de la tara más el suelo, en seguida se puso a secar los especímenes dentro del horno, finalmente se prosiguió a realizar el peso del suelo seco. Una vez finalizado esta etapa se prosiguió a calcular el contenido de humedad promedio para cada calicata. Siendo el resultado de contenido de humedad de la calicata C-01 de 18.64% y de la calicata C-02 de 22.18%.



Figura 19. Pasos para la obtención del contenido de humedad

La Figura 19 muestra los pasos para la obtención del contenido de humedad del suelo en condiciones naturales.

Límites de consistencia del suelo natural C-01 y C-02

Los límites de consistencia también conocido como los límites de Atterberg son propiedades que establece la susceptibilidad del comportamiento de un suelo en relación al contenido de humedad (MTC, 2014).

Los límites de consistencia son: Limite Liquido (LL), Limite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP).



Figura 20. Muestra para hallar límites de consistencia del suelo natural.



Figura 21. Muestra para hallar límites de plástico



Figura 22. Muestra para hallar límites de plástico

- Para hallar el LL para cada calicata, se procedió a colocar una muestra humedad en la cuchara de Casagrande, dividiendo en dos la muestra, tal como se observa en la figura n°21, en total se realizaron 4 ensayos con el contenido de humedad necesario para cerrar la ranura, con estos resultados se determinó el promedio, tal como se muestra en la ficha de granulometría y límite de consistencia.
- Respecto a la determinación del LP se reutilizo el material requerido para calcular el límite líquido, aproximadamente 20 gr. Para tres ensayos para cada calicata. Cada muestra de suelo se amasa y se dejó que disminuya su humedad hasta el momento en que al enrollarse no se adhiriera a las manos. Se adelgazo el rollito hasta que su diámetro sea de 3.2mm. La prueba finalizo una vez que el rollito se partió y se desmorono.

Tabla 12. Límites de consistencia del suelo natural.

MUESTRA	LÍMITES DE CONSISTENCIA (suelo natural)		
	LÍMITE LIQUIDO (%)	LÍMITE PLASTICO (%)	ÍNDICE PLASTICO
C-1	39.6	16.51	23.09
C-2	38.9	16.12	22.78

Fuente: Elaboración propia

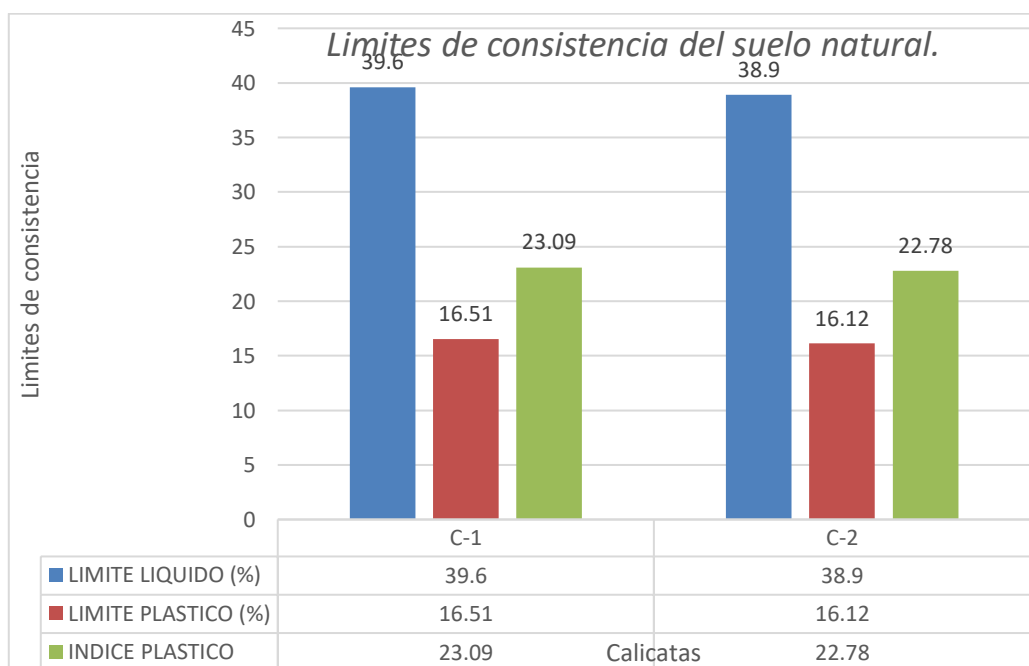


Figura 23. Límites de consistencia del suelo natural

En la Tabla 12 se observa el contenido de humedad natural en las 2 calicatas con sus límites de consistencia LL y LP, un dato importante de este cuadro es el índice de plasticidad, vemos que es muy alto, según la clasificación de suelos según IP MTC (2014), se consideran Suelos Muy Arcillosos o de Plasticidad Alta, los suelos con $IP > 20$. Por tanto, los suelos de la calicata C-01 y C-02 con índice de plasticidad de 23.09 y 22.78 respectivamente se consideran suelos de Alta Plasticidad.

Ensayo de Proctor modificado suelo natural C-01 y C-02.

Este ensayo se utiliza para calcular el contenido óptimo de humedad, según el manual de ensayos MTC -115 (2016) El ensayo de Proctor modificado sirve para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación).

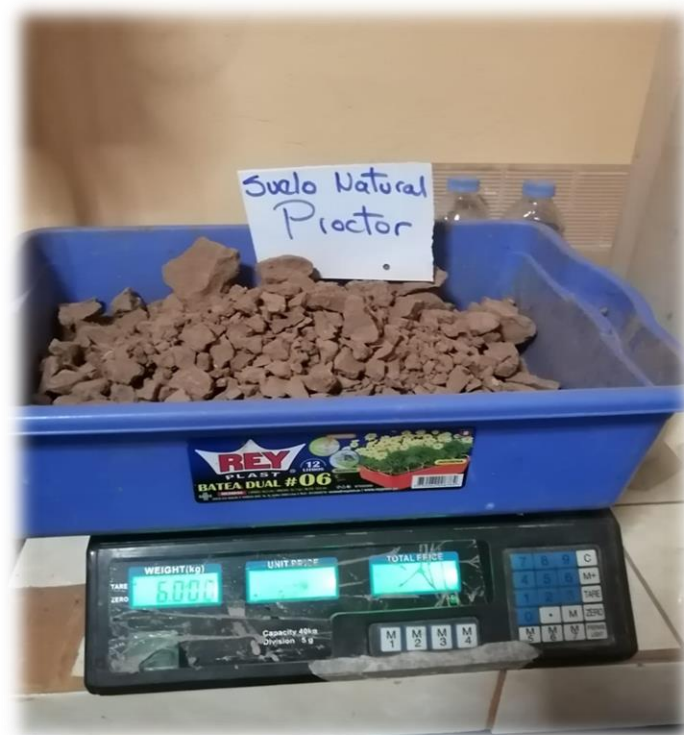


Figura 24. Muestra de la C-01 para el ensayo Proctor modificado.



Figura 25. Ensayo de Proctor modificado para el suelo natural C-01.

Inicialmente se procedió a realizar el cuarteo, luego se tamizo a través de la malla 3/4 donde paso toda la muestra, después se seco el material al aire libre y se procedió a preparar las muestras de 6kg, tal como se visualiza en la Figura 24.

En seguida se mezcló uniformemente las muestras con agua graduada en probetas y se colocó por capas en el molde, cada capa se compacto con el pisón con 56 golpes. Después de la última capa se quitó el collarín para enrasar el molde con una regla metálica y pesar el molde más el suelo, tal como se muestra la Figura 25.

Se extrajo muestras de 500gr aproximadamente para calcular el contenido de humedad de cada ensayo. En total se hicieron 4 ensayos para cada calicata.

A continuación, se detallan los valores obtenidos en el ensayo de Proctor modificado.

Tabla 13. Proctor modificado en suelo natural

MUESTRA	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (suelo natural)	
	Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	Optima Contenido de Humedad (%)
C-01	1.47	17.07
C-02	1.47	17.12

Fuente: Elaboración propia

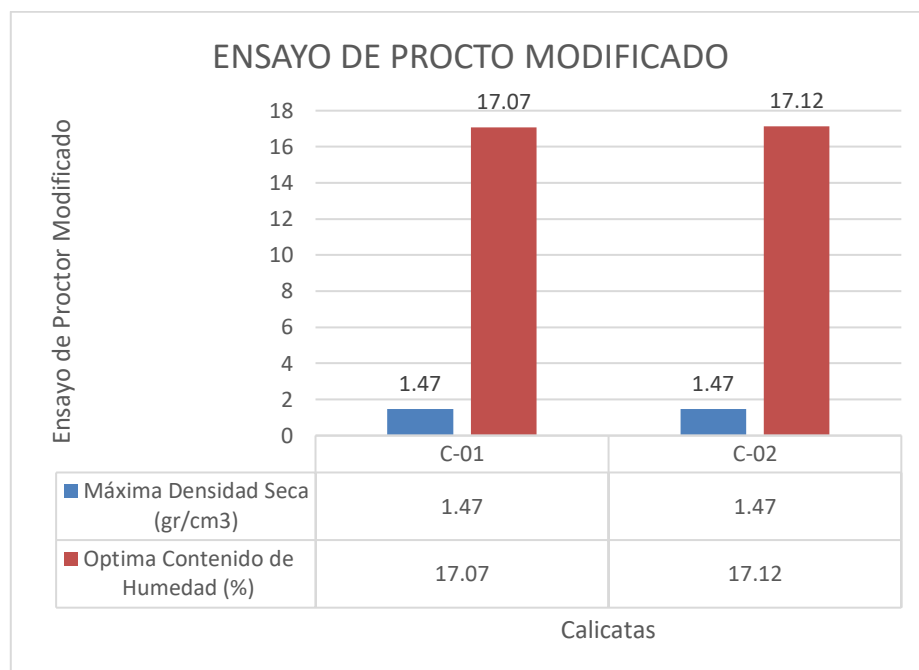


Figura 26. Ensayo de Proctor modificado para el suelo natural C-01 y C-02

En la Tabla 13 se ve que la calicata C-01 y la calicata C-02 poseen el mismo resultado de densidad seca 1.47kg/cm3 y con respecto al contenido optimo de humedad la calicata C-02 posee mayor contenido de humedad con respecto a la calicata C-01.

Ensayo CBR en suelo natural C-01 y C-02

Con este ensayo se determina la resistencia potencial del suelo, lo cual esta referido al 95% y 100% de la MDS y a una a una penetración de carga de 2.54mm. el ensayo CBR se realizó en base al manual de ensayo del MTC E 132 (2016).



Figura 27. Ensayo de CBR para el suelo natural C-01.

Para determinar los valores del CBR se realizó los siguientes procedimientos:

Se realizó el cuarteo de la muestra luego se tamizó por la malla $\frac{3}{4}$ " y en total para cada calicata se utilizó 18 Kg para tres muestras, luego se preparó los tres moldes con las placas de base y un disco espaciador para cada molde. Cabe indicar que las muestras fueron mezcladas con el contenido óptimo de humedad calculada por el ensayo de Proctor modificado.

Una vez preparada la muestra en los moldes, se procedió a compactar con el pisón a 56, 25 y 12 golpes por cada capa respectivamente, tal como se muestra en la Figura 27.

Una vez culminado el proceso de compactación y adecuación del molde se saturó los moldes tal como se muestra en la Figura 28, durante cuatro días se procedió a tomar nota de la expansión mediante el expansímetro.

Después de los cuatro días se retiró la muestra y se dejó secar por 15 minutos aproximadamente, finalmente se preparó la muestra para tomar las medidas de penetración mediante la máquina CBR, para ello se colocó en cero el indicador de presión del anillo de carga y el dial de deformación. La velocidad de penetración del pistón en el suelo fue de 0.05 de pulgada por minuto. La velocidad se controla

por tiempo con un cronómetro. Se anotan las lecturas de la presión a 0.025 hasta 0.500 pulg de penetración.



Figura 28. Saturación del molde (CBR) en agua suelo natural C-01.

En la Figura 28 vemos como se sumerge el molde en agua aproximadamente por un tiempo de 4 a 5 días en este tiempo se toma lecturas cada 24 horas para ver su porcentaje de expansión.



Figura 29. Toma de lecturas para el ensayo CBR, suelo natural C-01 y C-02.

Tabla 14. Resultados CBR para el suelo natural C-01 y C-02.

Ensayo relación de soporte california (C.B.R)			
Muestra	MM	100% M.D.S.	95% M.D.S.
C-01	0.1"	4.05%	3.87%
C-02	0.1"	4.50%	4.34%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14 se ve los valores del ensayo de CBR del suelo natural a un 95% y 100% de compactación a una MDS, y con una penetración de 0.1".

La calicata C-02 tiene mayor CBR que la calicata C-01. Según los resultados obtenidos la categoría de suelos de la subrasante tanto de la calicata C-01 y C02, pertenecen a una subrasante Insuficiente porque están comprendida el CBR entre 3 y 6%.

Ensayos adicionando material estabilizante

Como se observa según los resultados, el índice de plasticidad supera el valor 20 en ambas calicatas siendo considerado el suelo de la vía Túpac Amaru como un suelo de alta plasticidad, en cuanto al CBR calculado se observa que la categoría de la subrasante es S1: Subrasante Insuficiente. Y con respecto al manual de carreteras del MTC (2014), un suelo necesita ser estabilizado cuando el CBR es menor al 6% con una densidad seca al 100%.

Con respecto a la dosificación se tomo en cuenta el manual del MTC y los antecedentes indicados en la presente investigación.

Para la sal de Maras se consideró el 3%, 5% y 8% y para la cal de Huanca 2%, 5% y 8%.

Límites de consistencia dosificado con sal de Maras

Se realizó el cálculo de los límites de consistencia tal como se muestra en la Figura 30, para tres dosificaciones de sal de Maras del 3%, 5% y 8%, con respecto al peso específico seco del suelo cuyo valor es de 1.47 gr/cm³, cabe indicar que el resultado del peso específico seco fue similar tanto para la muestra extraída de la calicata C-01 y C-02.



Figura 30. Muestras para hallar los límites de consistencia dosificado al 3%,5% y 8%.

Una vez pesado la sal de Maras según las proporciones indicadas se procedió a realizar la mezcla de sal con agua hasta formar una salmuera, luego este espécimen se mezcló con el suelo natural.

Para el cálculo de los límites de consistencia se realizó siguiendo las recomendaciones estipuladas en el manual de ensayos MTC E-111 -2016.

Tabla 15. Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01

LÍMITES DE CONSISTENCIA C-01 (sal de Maras)			
MUESTRA	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLASTICO	ÍNDICE PLASTICO
Dosificación 3% sal de Maras C-01	37.33	16.19	21.14
Dosificación 5% sal de Maras C-01	37.17	16.31	20.86
Dosificación 8% sal de Maras C-01	36.86	16.26	20.6

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 15, vemos los resultados calculados de los ensayos de límites de consistencia (LL, LP e IP), para las diferentes dosificaciones de la sal de Maras pero esta solo aplicada en la calicata C-01.

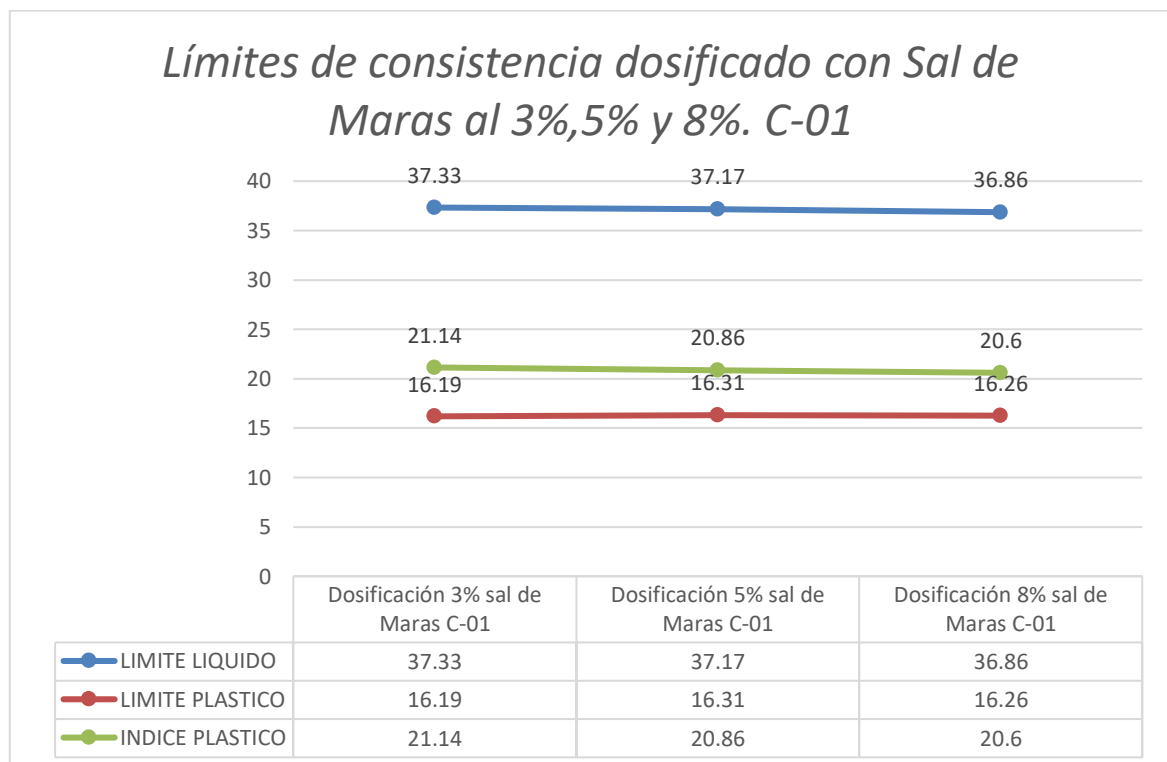


Figura 31. Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01.

Con respecto a la Figura 31, muestra la tendencia del decremento de la plasticidad de sal de maras dosificada en el suelo de la calicata C-01. Es decir, con una dosificación de 3%, la plasticidad es de 21.14 y al 8% disminuye ligeramente a 20.6,

siendo aun considerado suelo de alta plasticidad por tener el IP mayor a 20. Parámetros según la clasificación de suelos por el IP descrito en el manual de suelos del MTC.

Tabla 16. Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02

LÍMITES DE CONSISTENCIA C-02 (sal de Maras)			
MUESTRA	LÍMITE LIQUIDO	LÍMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
Dosificación 3% sal de Maras C-02	36.39	15.76	20.63
Dosificación 5% sal de Maras C-02	35.72	15.29	20.43
Dosificación 8% sal de Maras C-02	35.59	15.31	20.28

Fuente: Elaboración propia

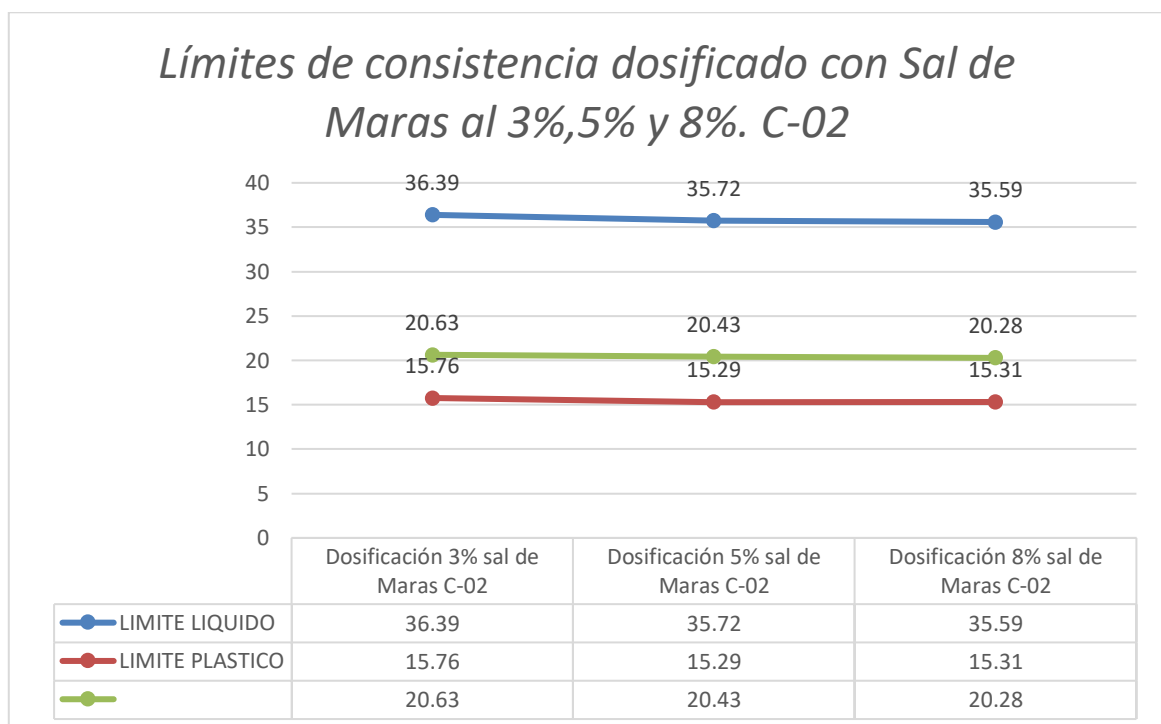


Figura 32. Límites de consistencia dosificado con Sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02.

La Tabla 16 y la Figura 32, muestran los valores obtenidos del ensayo de los límites de consistencia de la calicata C-02. En donde se aprecia que el IP con dosificación del

3% es de 20.63 y el IP con la dosificación del 8% es 20.28. Siendo la tendencia al decremento del IP a mayor dosificación con sal.

A pesar que existe una ligera disminución de la plasticidad, pero aún sigue siendo considerado como un suelo de alta plasticidad, según la clasificación de suelos por el índice de plasticidad descrito en el manual de suelos del MTC.

Ensayo de Proctor modificado dosificado con sal de Maras

El ensayo de Proctor Modificado se realizó con dosificaciones del 3%, 5% y 8% de la densidad de suelo seco.

El ensayo se realizó siguiendo los pasos sugeridos por el manual de ensayos MTC -115 (2016) y con la particularidad que el agua utilizada para humedecer la muestra fue una salmuera con las dosificaciones de sal previstas, tal como se muestran en la Figura 33 y la Figura 34.



Figura 33. Dosificaciones con sal de Maras al 3%, 5% y 8%.

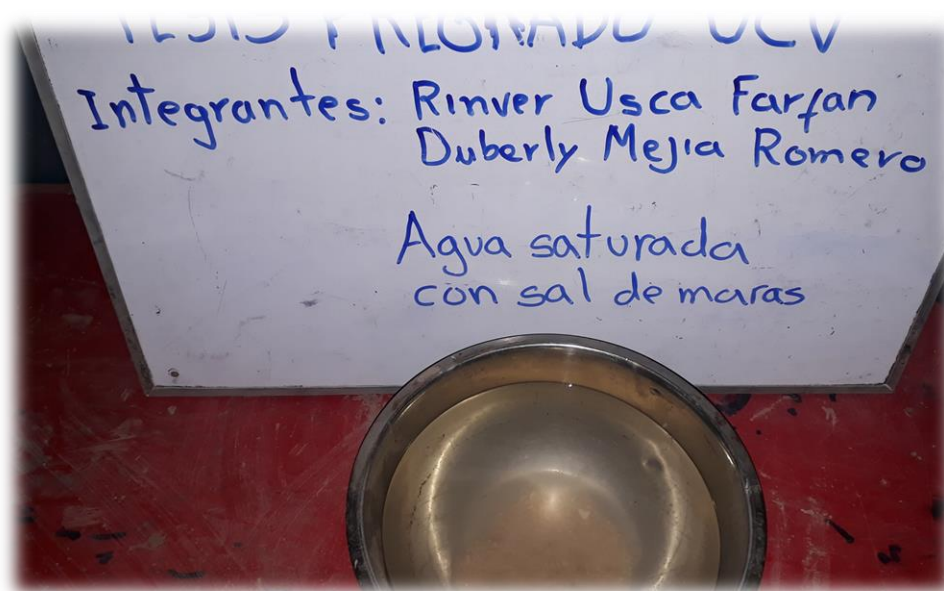


Figura 34. Disolución de la sal de Maras en agua para el ensayo Proctor.

La Figura 34 muestra parte del proceso que se hizo durante el ensayo de Proctor modificado con las dosificaciones de sal determinadas como se dijo antes primero se disolvió la sal en agua para aplicarlo sobre el material.



Figura 35. Ensayo de Proctor modificado dosificado al 3%,5% y 8%.

Tabla 17. O.C.H y M.D.S. dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01

Proctor modificado C-01 (sal de Maras)		
MUESTRA	Optimo contenido de Humedad (%)	Máxima densidad seca (gr/cm3)
Dosificación (3%) de sal de Maras C-01	17.06	1.47
Dosificación (5%) de Sal de Maras C-01	16.97	1.48
Dosificación (8%) de sal de Maras C-01	16.92	1.48

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17, se detalla los valores obtenidos del ensayo de Proctor modificado de la calicata C-01 para las diferentes dosificaciones de sal de Maras.

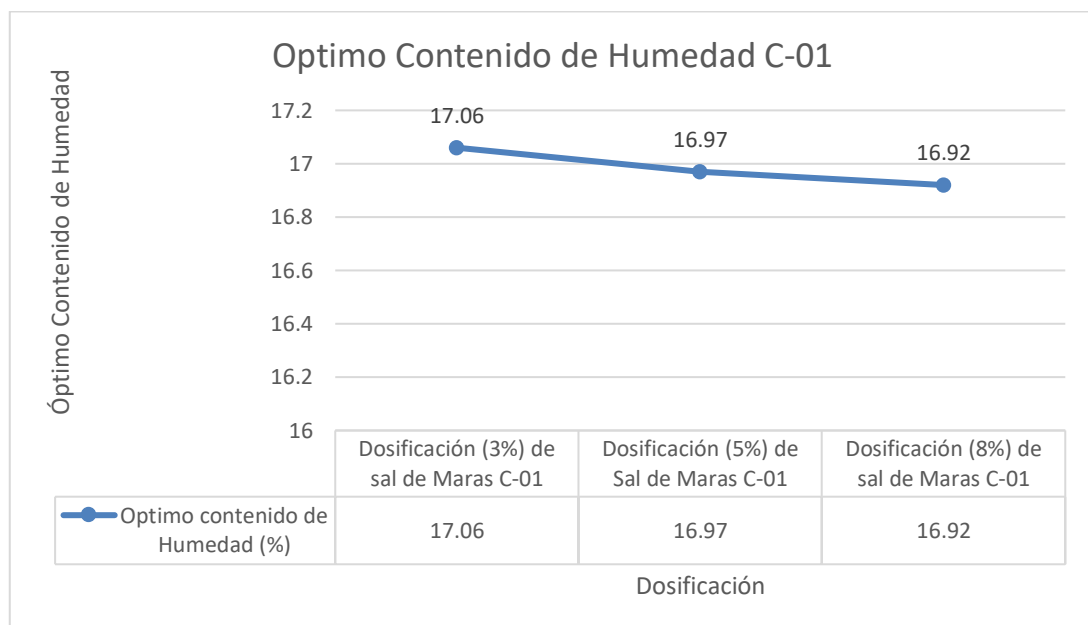


Figura 36. Contenido de Humedad Optima C-01 dosificado con sal de Maras.

La Figura 36, muestra la curva sacada de la Tabla 17 este resultado del optimo contenido de humedad ayudo para hacer mas adelante el ensayo de CBR en sus diferentes dosificaciones.

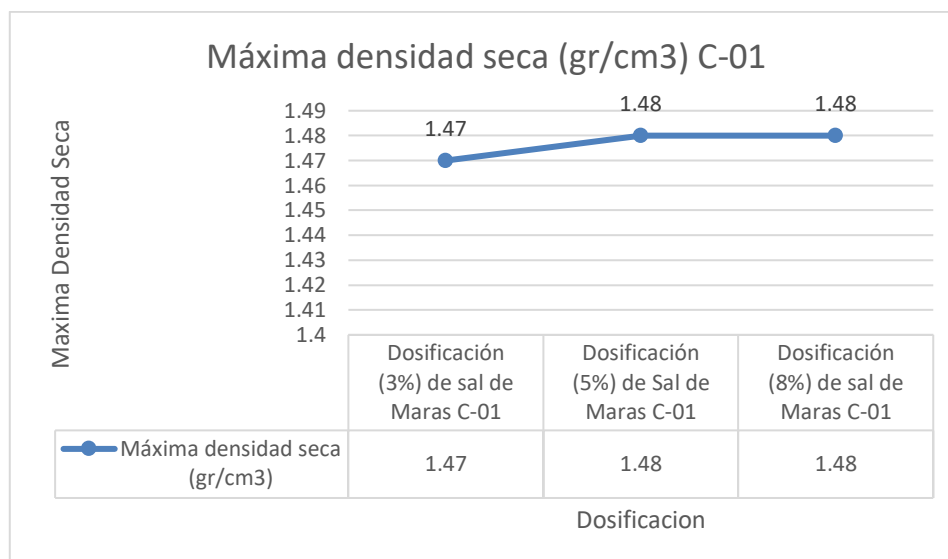


Figura 37. Máxima Densidad Seca C-01 dosificado con sal de Maras.

La Figura 37, muestra los resultados de la densidad seca que se obtuvieron de la calicata C-01, estas densidades fueron necesarias para hacer el ensayo de CBR.

Tabla 18. O.C.H y M.D.S. dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02

Proctor modificado C-02 (sal de Maras)		
MUESTRA	Optimo contenido de Humedad (%)	Máxima densidad seca (gr/cm ³)
Dosificación (3%) de sal de Maras C-02	17.01	1.48
Dosificación (5%) de Sal de Maras C-02	16.62	1.49
Dosificación (8%) de sal de Maras C-02	16.58	1.5

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18, se visualiza lo valores obtenidos del ensayo de Proctor Modificado para la calicata C-02 con las diferentes dosificaciones (del 3%, 5% y 8%) de sal de Maras.

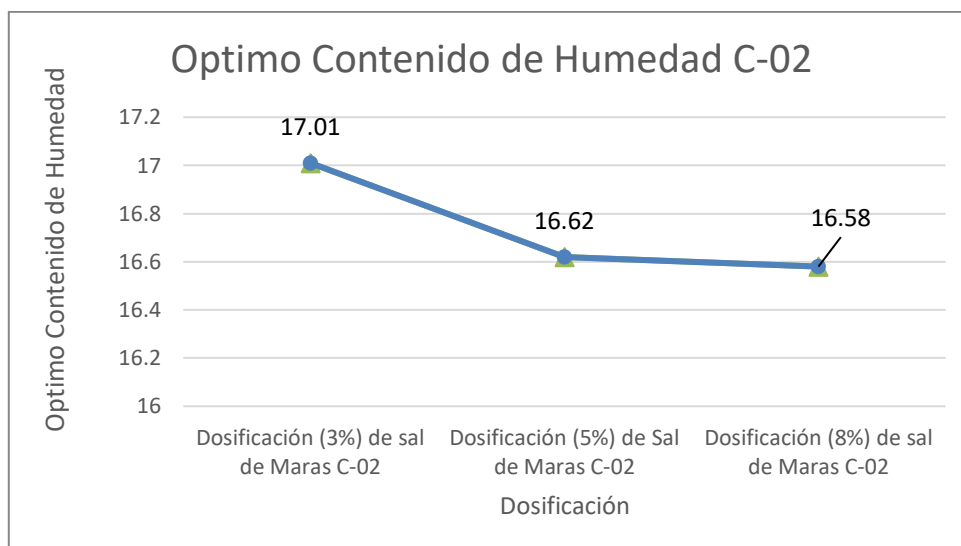


Figura 38. Contenido de Humedad Optima C-02 dosificado con sal de Maras.

La Figura 38 describe el comportamiento del contenido de humedad optima de las diferentes dosificaciones de sal de maras con el suelo natural.

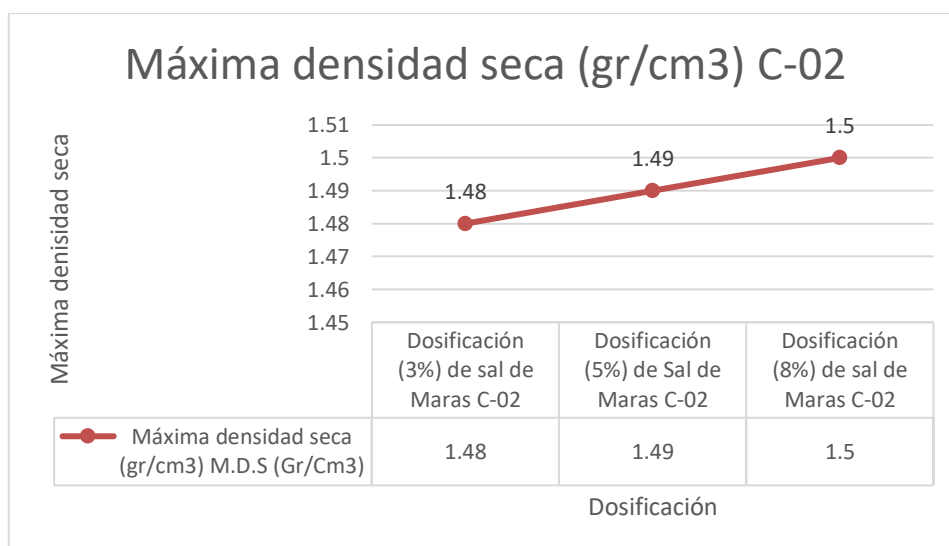


Figura 39. Máxima densidad seca C-02 dosificado con sal de Maras

En la Figura 39, se muestra la curva sacada de los resultados del ensayo Proctor modificado, dosificando con sal de Maras al 3%, 5% y 8%.

Ensayo CBR en suelo dosificado con sal de maras.

Se realizó el ensayo de CBR para las diferentes dosificaciones de la sal de Maras tanto para la muestra del suelo de la calicata C-01 y C-02.

El procedimiento se realizó según recomendaciones del manual de ensayo del MTC, con la única particularidad que el agua utilizada para humedecer la muestra fue una salmuera con las dosificaciones al 3%, 5% y 6% de sal de Maras.



Figura 40. Ensayo CBR dosificado con sal de Maras.

En la Figura 40 se visualiza parte del procedimiento que se siguió para obtener los resultados detallados en la Tabla 19.

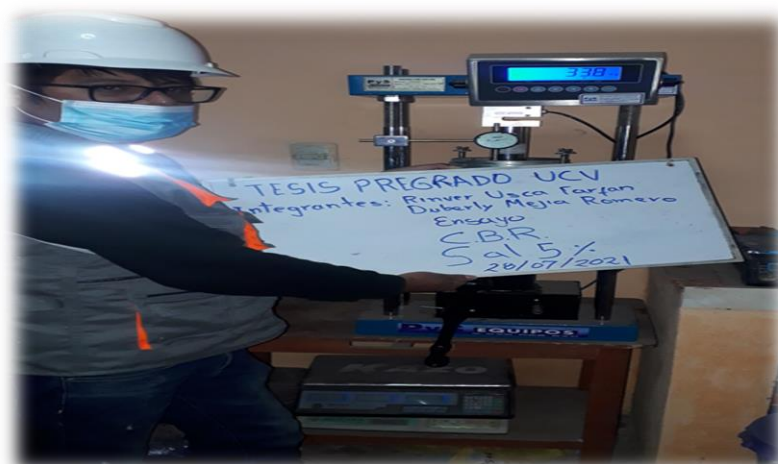


Figura 41. Lectura de datos CBR dosificados con sal de Maras al 3%, 5% y 8%.

La Figura 41, muestra el momento de la toma de resultados de los ensayos CBR en todas sus dosificaciones con sal de Maras.

Tabla 19. Resultados CBR dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-01

Ensayo relación de soporte california (C.B.R) C-01 (sal de Maras)			
Muestra	MM	100% M.D.S.	95% M.D.S.
Dosificación (3%) de sal de Maras	0.1 "	4.37%	4.04%
Dosificación (5%) de sal de Maras	0.1 "	4.66%	4.47%
Dosificación (8%) de sal de Maras	0.1 "	5.42%	5.08%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 19, muestra los resultados de CBR de las diferentes dosificaciones de sal de Maras, al 100% y 95% de la Densidad Seca Máxima de la muestra obtenida de la calicata C-01.

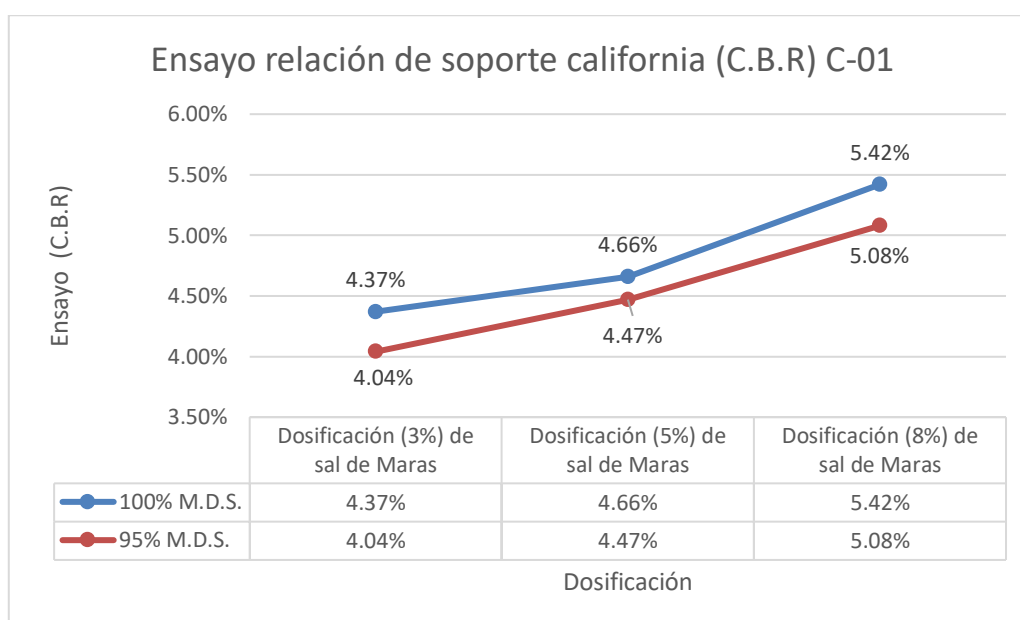


Figura 42. Ensayo CBR dosificados con sal de Maras al 3%, 5% y 8% C-01.

La Figura 42, muestra las curvas de CBR relacionadas a una MDS de 95% y 100% incorporando sal de Maras en sus dosificaciones de 3%, 5% y 8%.

Tabla 20. Resultados CBR dosificado con sal de Maras al 3%,5% y 8%. C-02

Ensayo relación de soporte california (C.B.R) C-02 (sal de Maras)			
Muestra	MM	100% M.D.S.	95% M.D.S.
Dosificación (3%) de sal de Maras	0.1"	4.80%	4.60%
Dosificación (5%) de sal de Maras	0.1"	4.97%	4.93%
Dosificación (8%) de sal de Maras	0.1"	5.61%	5.50%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20, visualizamos los valores obtenidos del ensayo de CBR al 95% y 100% de máxima densidad seca con las diferentes dosificaciones de sal de Maras al 3%,5% y 8% realizados con la muestra de suelo de la calicata C-02.

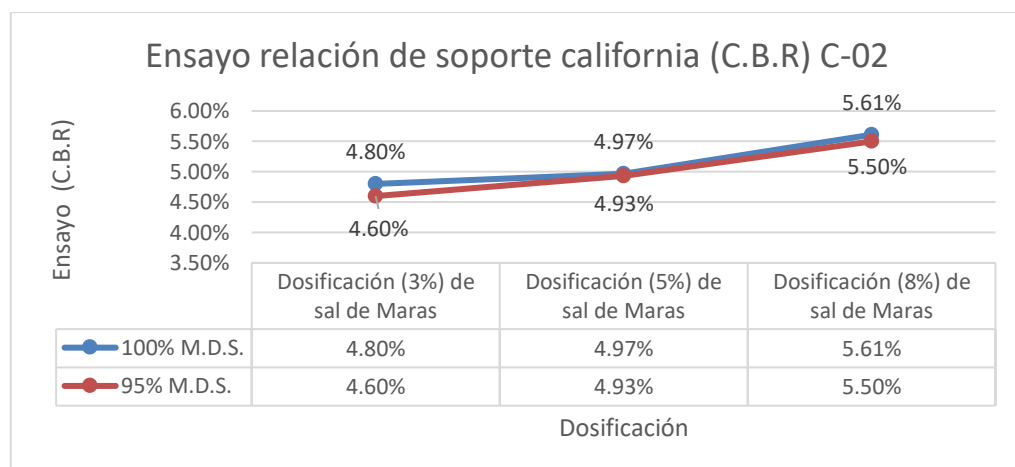


Figura 43. Ensayo CBR dosificados con sal de Maras al 3%, 5% y 8% C-02.

En la Figura 43, observamos las curvas relacionadas al ensayo de CBR adicionando las dosificaciones de sal de Maras al 3%, 5% y 8% aplicadas en la calicata C-02.

Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca

En esta sección se realizó el cálculo de los límites de consistencia tal como se ve en la Figura 44, para tres dosificaciones de cal de Huanca del 2%, 5% y 8% , con respecto al peso específico seco del suelo cuyo valor es de 1.47 gr/cm³, cabe indicar que el resultado del peso específico seco fue similar tanto para la muestra extraída de la calicata C-01 y C-02.



Figura 44. Dosificaciones con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.

Una vez pesado la Cal de Huanca según las proporciones indicadas se procedió a realizar la dosificación de la cal con la muestra de suelo natural.

Para la determinación de los límites de consistencia se realizó siguiendo las recomendaciones estipuladas en el manual de ensayos MTC E-111 -2016.

Tabla 21. Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01.

MUESTRA	LÍMITES DE CONSISTENCIA C-01 (cal de Huanca)		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	
Dosificación 2%Cal de Huanca C-01	33.87	16.02	17.85
Dosificación 5%Cal de Huanca C-01	33.61	16	17.61
Dosificación 8%Cal de Huanca C-01	32.17	15.07	17.1

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 21, muestra los resultados calculados de los ensayos de límites de consistencia (LL, LP e IP), para las diferentes dosificaciones de Cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.

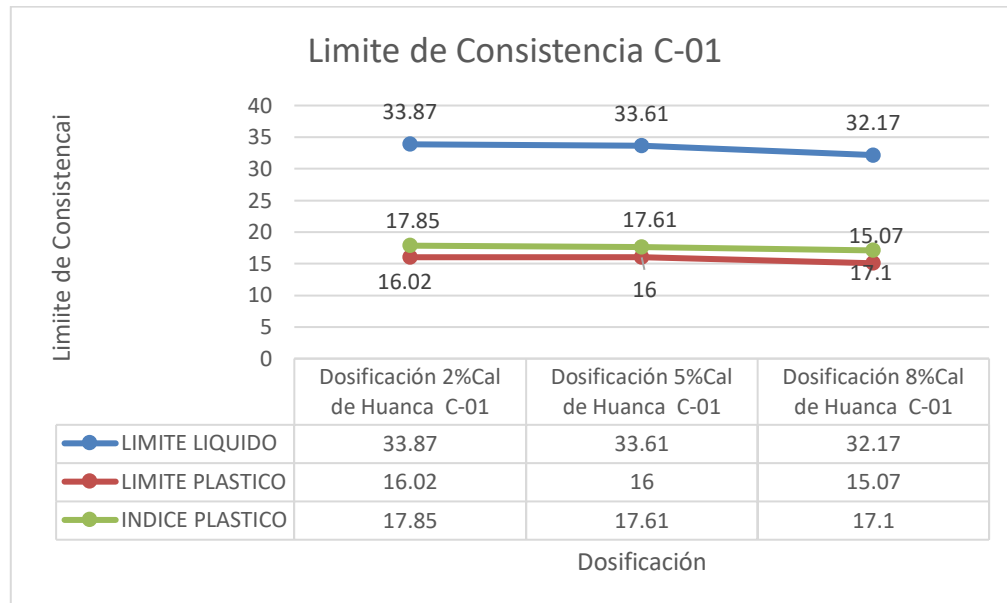


Figura 45. Limites de consistencia C-01 Dosificado con cal de Huanca.

Con respecto a la Figura 45 presentamos las tendencias de curva del LL, LP e IP toda ellas dosificadas con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.

Tabla 22. Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-02.

MUESTRA	LIMITES DE CONSISTENCIA C-02 (cal de Huanca)		INDICE PLASTICO
	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	
Dosificación 2%Cal de Huanca C-01	33.5	15.78	17.72
Dosificación 5%Cal de Huanca C-01	33.1	15.55	17.55
Dosificación 8%Cal de Huanca C-01	32.05	15.1	16.95

Fuente: Elaboración propia

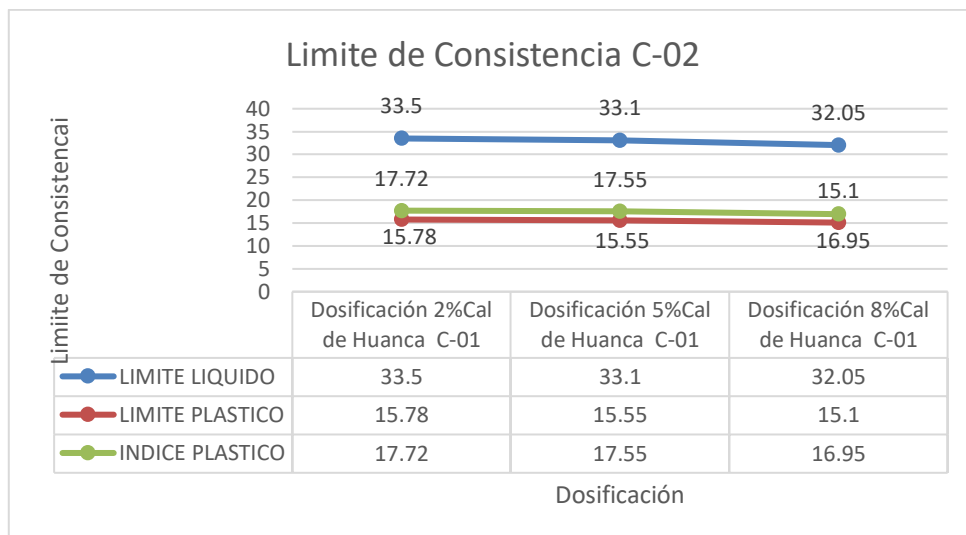


Figura 46. Límites de consistencia dosificado con cal de Huanca en la C-02

La Tabla 22 y la Figura 46 vemos los resultados del ensayo de los límites de consistencia dosificado con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% de la calicata C-02. En donde se aprecia que el IP con dosificación del 2% es de 17.72 y el IP con la dosificación del 8% es 15.1.

Ensayo de Proctor modificado dosificado con cal de Huanca

Este ensayo se realizó con dosificaciones del 2%, 5% y 8% de la densidad de suelo seco de la cal de Huanca.

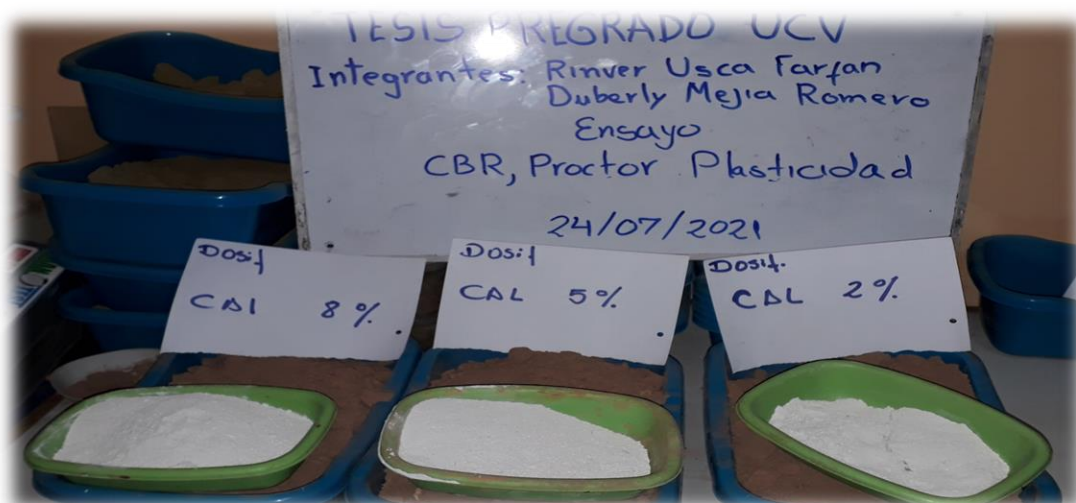


Figura 47. Dosificaciones con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% para el ensayo Proctor.

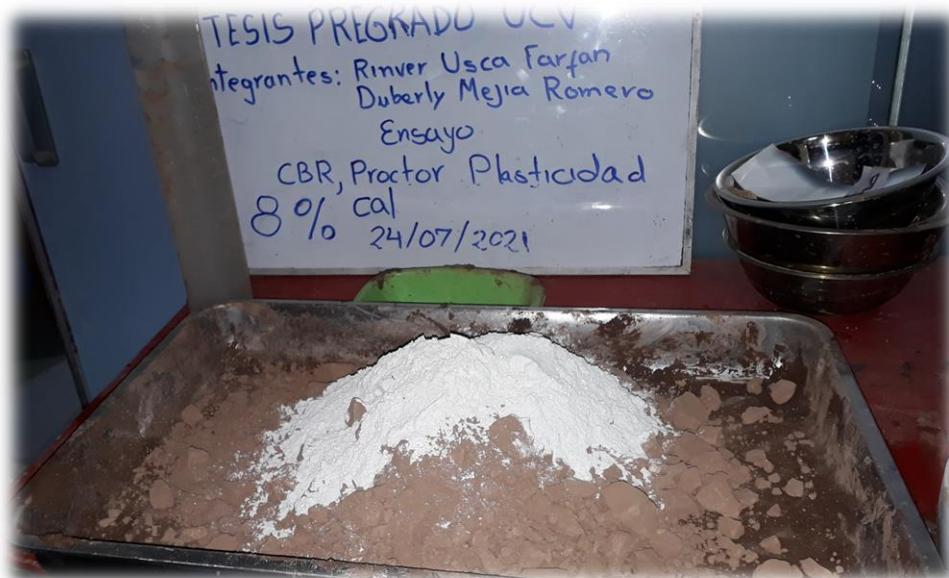


Figura 48. Dosificación con cal de Huanca al 8% para ensayo Proctor modificado.

El ensayo se realizó siguiendo los pasos sugeridos por el manual de ensayos MTC -115 (2016) y con la particularidad que el suelo natural se mezcló con las dosificaciones indicadas, tal como se muestran en la Figura 47 y Figura 48.



Figura 49. Ensayo de Proctor modificado dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%.

La Figura 49, muestra parte del proceso que se hizo durante el ensayo de Proctor modificado con las dosificaciones de cal de Huanca determinadas.

Tabla 23. O.C.H y M.D.S. dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%. C-01

Proctor modificado C-01 (cal de Huanca)		
MUESTRA	Optimo contenido de Humedad (%)	Máxima densidad seca (gr/cm ³)
	O.C.H (%)	M.D.S (Gr/Cm ³)
Dosificación (2%) de cal de Huanca C-01	16.59	1.48
Dosificación (5%) de cal de Huanca C-01	16.21	1.51
Dosificación (8%) de cal de Huanca C-01	15.84	1.54

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 23, se detalla los resultados obtenidos del optimo contenido de humedad y la densidad seca máxima de la calicata C-01 para las diferentes dosificaciones de cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.

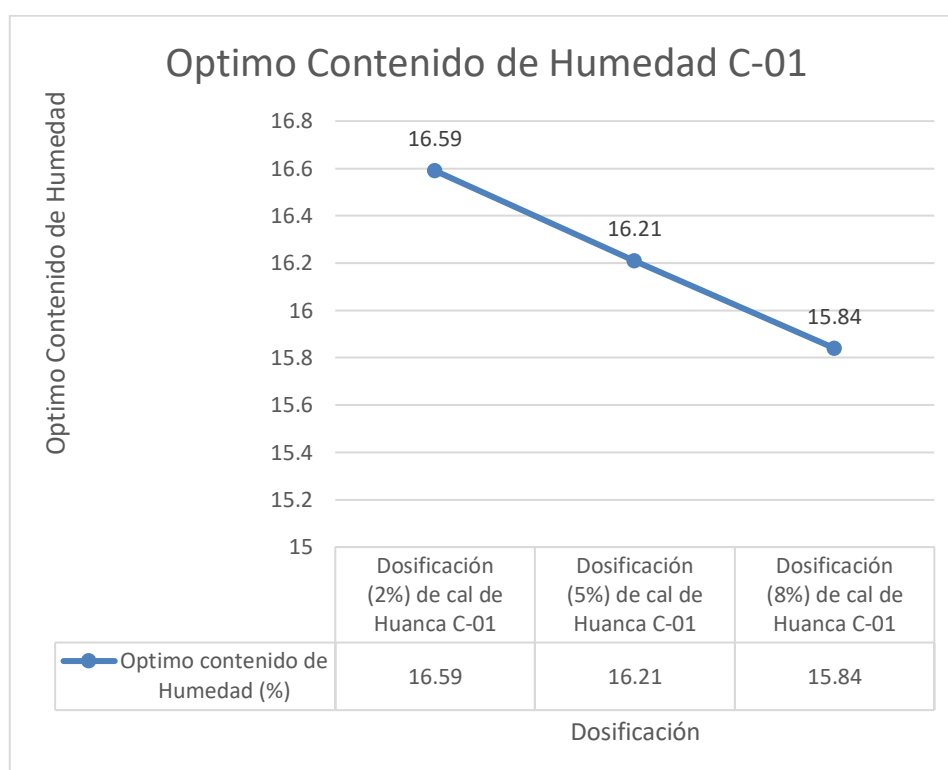


Figura 50. Optimo contenido de humedad con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01

La Figura 50, detalla un comportamiento decreciente de la curva, estos resultados son ya usando una dosificación de cal de Huanca al suelo al 2%, 5% y 8%.

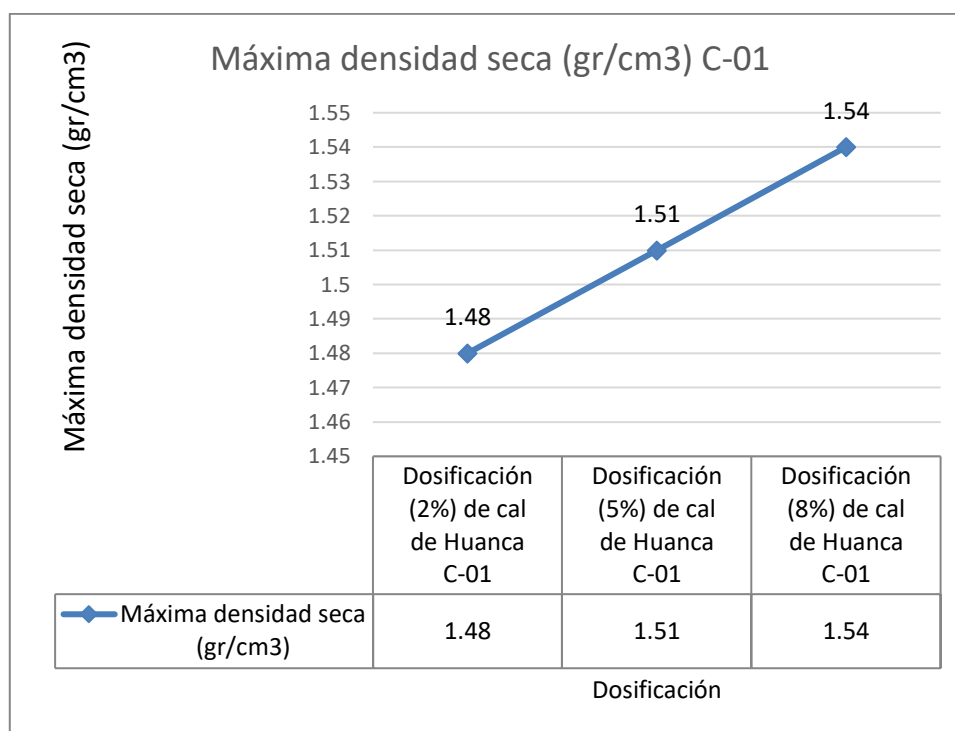


Figura 51. Máxima Densidad Seca con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01

La Figura 51, podemos observar la curva que nos arroja las diferentes densidades al dosificarlo con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% aplicadas en las muestras de la calicata C-01.

Tabla 24. O.C.H y M.D.S. dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8%. C-02

Proctor modificado C-02 (cal de Huanca)		
MUESTRA	Optimo contenido de Humedad (%)	Máxima densidad seca (gr/cm³)
	O.C.H (%)	M.D.S (Gr/Cm³)
Dosificación (2%) de cal de Huanca C-02	16.37	1.48
Dosificación (5%) de cal de Huanca C-02	16.19	1.51
Dosificación (8%) de cal de Huanca C-02	15.83	1.55

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24 se visualiza los datos obtenidos por el ensayo de Proctor modificado para la calicata C-02 con las diferentes dosificaciones (del 2%, 5% y 8%) de cal de Huanca.

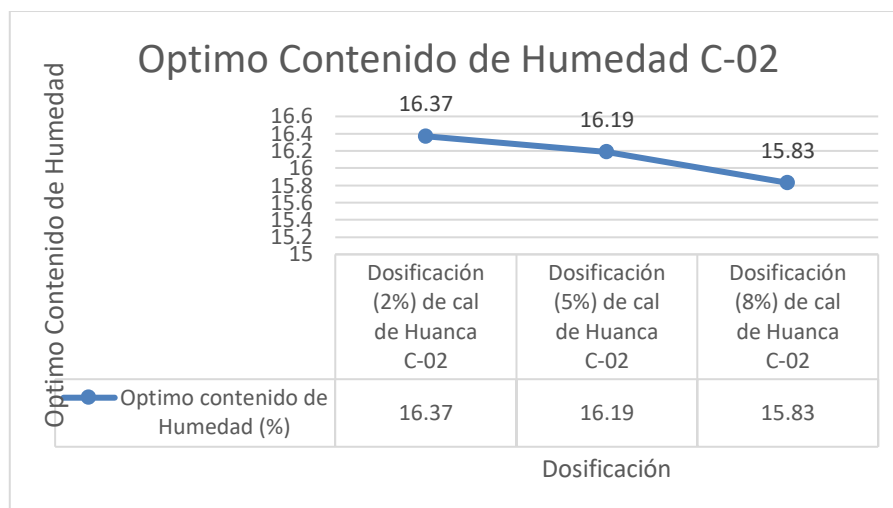


Figura 52. Optimo contenido de humedad con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% C-02

La Figura 52 describe el comportamiento del contenido de humedad optima de las diferentes dosificaciones de cal de Huanca con el suelo natural. Donde se ve una clara tendencia de decremento del contenido de humedad optima a mayor dosificación de cal de Huanca.

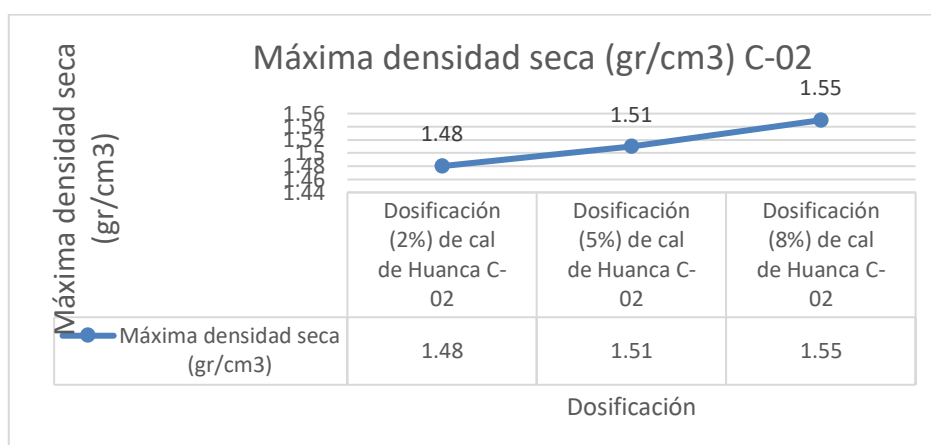


Figura 53. Máxima Densidad Seca con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-02

En la Figura 53, se muestra una tendencia creciente de la máxima densidad seca, similar a los resultados obtenidos en la calicata C-1

Ensayo CBR en suelo dosificado con cal de Huanca

Se realizo el ensayo de CBR para las diferentes dosificaciones de la cal de Huanca tanto para la muestra del suelo de la calicata C-01 y C-02.

El procedimiento se realizó según recomendaciones del manual de ensayo del MTC, con la única particularidad que el suelo patrón se mezcló con las diferentes dosificaciones indicadas.



Figura 54. Ensayo de Proctor modificado dosificado con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.



Figura 55. Toma de datos CBR, dosificado con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%

En la Figura 54 y Figura 55, se visualiza parte del procedimiento que se siguió para obtener los resultados detallados en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados CBR dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-01

Ensayo relación de soporte california (C.B.R) C-01 (cal de Huanca)			
Muestra	MM	100% M.D.S.	95% M.D.S.
Dosificación (2%) Cal de Huanca C-01	0.1"	4.66%	4.42%
Dosificación (5%) Cal de Huanca C-01	0.1"	5.70%	5.12%
Dosificación (8%) Cal de Huanca C-01	0.1"	7.51%	6.32%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 25, muestra los resultados de CBR de las diferentes dosificaciones de cal de Huanca, al 100% y 95% de la MDS de la muestra obtenida de la calicata C-01.

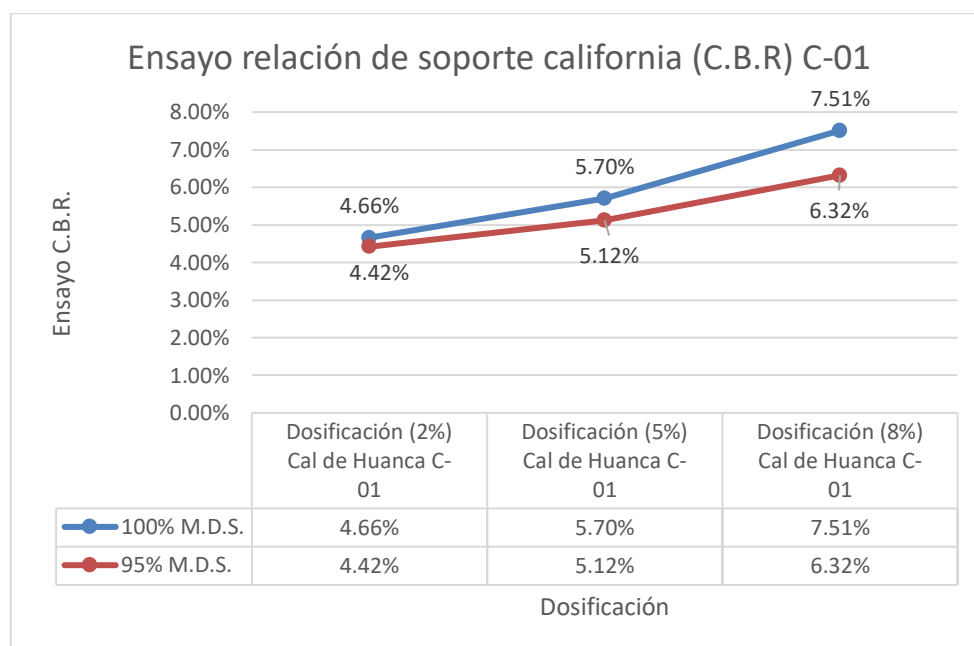


Figura 56. Resultado del CBR con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% C-01

La Figura 56 muestra las curvas del ensayo CBR tanto con una máxima densidad de 95% y de 100% de la calicata C-01 dosificándolo con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.

Tabla 26. Resultados CBR dosificado con cal de Huanca al 2%,5% y 8% C-02

Ensayo relación de soporte california (C.B.R) C-02 (cal de Huanca)			
Muestra	MM	100% M.D.S.	95% M.D.S.
Dosificación (2%) Cal de Huanca C-02	0.1"	4.69%	4.43%
Dosificación (5%) Cal de Huanca C-02	0.1"	6.10%	5.61%
Dosificación (8%) Cal de Huanca C-02	0.1"	7.64%	6.43%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 26 muestra los resultados obtenidos del ensayo de CBR al 95% y 100% de máxima densidad seca con las diferentes dosificaciones de cal de Huanca realizados con la muestra de suelo de la calicata C-02.

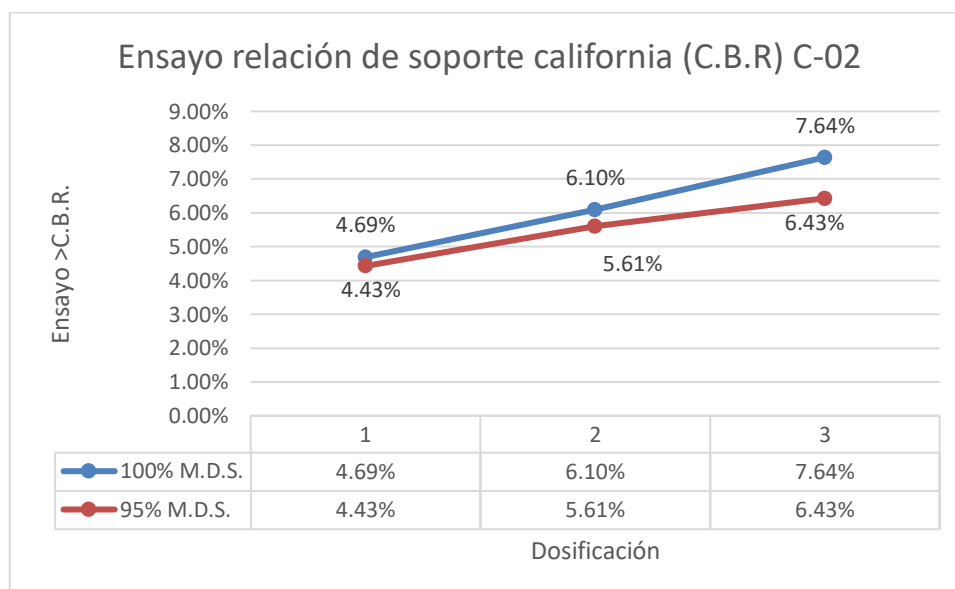


Figura 57. Resultado del CBR con cal de Huanca al 2%, 5% y 8% C-02

La Figura 57 muestra las curvas del ensayo CBR tanto con una máxima densidad de 95% y de 100% de la calicata C-02 dosificándolo con cal de Huanca al 2%, 5% y 8%.

Tabla 27. Cuadro resumen de resultados C-01

CALICATA N° 01								
Aditivo Químico			sal de maras			Cal de Huanca		
Muestras		Suelo natural	3% Sal de Maras	5% Sal de Maras	8% Sal de Maras	2% Cal de Huanca	5% Cal de Huanca	8% Cal de Huanca
Límites de consistencia	Limite Liquido (%)	39.6	37.33	37.17	36.86	33.87	33.61	32.17
	Limite Plástico (%)	16.51	16.19	16.31	16.26	16.02	16	15.07
	Índice de Plasticidad	23.09	21.14	20.86	20.6	17.85	17.61	17.10
Contenido Optimo de Humedad (%)		17.07	17.06	16.97	16.92	16.59	16.21	15.84
Máxima Densidad Seca (Gr/Cm3)		1.47	1.47	1.48	1.48	1.48	1.51	1.54
CBR	100% MDS	4.05	4.37	4.66	5.42	4.66	5.70	7.51
	95%MDS	3.87	4.04	4.47	5.08	4.42	5.12	6.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Cuadro resumen de resultados C-02

CALICATA N° 02								
Aditivo Químico			sal de maras			Cal de Huanca		
Muestras		Suelo natural	3% Sal de Maras	5% Sal de Maras	8% Sal de Maras	2% Cal de Huanca	5% Cal de Huanca	8% Cal de Huanca
Límites de consistencia	Limite Liquido	38.9	36.39	35.72	35.59	33.5	33.1	32.05
	Limite Plástico	16.12	15.76	15.29	15.31	15.78	15.55	15.10
	Índice de Plasticidad	22.78	20.63	20.43	20.28	17.72	17.55	16.95
Contenido Optimo de Humedad (%)		17.12	17.01	16.62	16.58	16.37	16.19	15.83
Máxima Densidad Seca (Gr/Cm3)		1.47	1.48	1.49	1.50	1.48	1.51	1.55
CBR	100% MDS	4.5	4.80	4.97	5.61	4.69	6.10	7.64
	95%MDS	4.34	4.60	4.93	5.50	4.43	5.61	6.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Cuadro resumen de promedio de resultados de C-01 y C-02

PROMEDIO DE RESULTADOS C-01 Y C-02								
Aditivo Químico		Suelo natural	sal de maras			Cal de Huanca		
Muestras			3% Sal de Maras	5% Sal de Maras	8% Sal de Maras	2% Cal de Huanca	5% Cal de Huanca	8% Cal de Huanca
Límites de consistencia	Límite Líquido	39.25	37.33	37.17	36.86	33.87	33.61	32.17
	Límite Plástico	16.32	16.19	16.31	16.26	16.02	16	15.07
	Índice de Plasticidad	22.94	20.89	20.65	20.44	17.79	17.58	17.03
Contenido Optimo de Humedad (%)		17.10	17.04	16.80	16.75	16.48	16.20	15.84
Máxima Densidad Seca (Gr/Cm3)		1.47	1.48	1.49	1.49	1.48	1.51	1.55
CBR	100% MDS	4.28	4.59	4.82	5.52	4.68	5.90	7.58
	95%MDS	4.11	4.32	4.70	5.29	4.43	5.37	6.38

Fuente: Elaboración propia

La tabla 29 se elaboró según recomendaciones del manual de carreteras del MTC (2014), cuando las muestras son similares o parecidas se utiliza el promedio de ambos

V. DISCUSIÓN

Antes de manipular nuestra muestra extraída de las calicatas, primero se evaluó y caracterizó la subrasante como se indica en nuestro primer objetivo específico. Se visualiza en la Tabla 10 que la clasificación AASHTO de nuestro suelo natural es A-6 y la clasificación en SUCS es CL en las 2 muestras, también que dentro de sus características el índice de plasticidad según la Tabla 12 para la C-01 y C-2 son de 23.09 % y 22.78 % respectivamente y su promedio según la Tabla 29 es de 22.94% y los resultados obtenidos de la resistencia del suelo natural (CBR) al 95% de densidad seca según la Tabla 14 en las calicatas C-01 y C-02 son 3.87% y 4.34% respectivamente y su promedio según la Tabla 29 es 4.11% para una máxima densidad seca de 95%. Según los aspectos teóricos desarrollados en la presente tesis nos indica que de acuerdo a la Tabla 2 el Índice de plasticidad mayor a 20 es considerado como suelos de alta plasticidad (inadecuado), por tanto, como el índice de plasticidad promedio de las dos calicatas tiene un valor de 22.94% es considerado como suelo de alta plasticidad, y según el Anexo 7 los suelos de alta plasticidad son considerados suelos insuficientes. Con respecto al CBR obtenido del promedio de las calicatas del suelo natural es de 4.11% con una máxima densidad seca de 95% y según este resultado la categoría de la subrasante es insuficiente (Tabla 4). El manual del MTC indica que es necesario estabilizar un suelo cuando el CBR es menor al 6%.

A continuación, se desarrolla la prueba de hipótesis estadística.

Las características físico mecánicas de la subrasante natural es insuficiente para la vía Tupac Amaru.

Para lo cual se tomó dos muestras en dos distintos lugares midiendo la condición del suelo natural, las características analizadas fueron el índice de plasticidad y resistencia (CBR) en búsqueda de las condiciones adecuadas.

- Índice de plasticidad.

Hipótesis:

H0: índice de plasticidad > 20

La plasticidad de subrasante natural es inadecuada.

H1: índice de plasticidad < 20

El IP de subrasante natural es adecuada.

Nivel de significancia alfa =0.05

Prueba de hipótesis para la media:

Índice de plasticidad						
	N	Media	Desv.	t	gl	Sig. (bilateral)
Índice de plasticidad	2	22.94	0.22	18,935	1	0.9832

Por tanto:

Con un sig. de 0.98 superior a 0.05 nivel de significancia se acepta la hipótesis nula H0, que el índice de plasticidad es superior a 20, de promedio 22.94 siendo un suelo natural inadecuado.

- Resistencia de suelo (CBR)

Hipótesis:

H0: CBR < 6

La resistencia de subrasante natural es Insuficiente

H1: CBR > 6

La resistencia de subrasante natural es Regular

Nivel de significancia alfa =0.05

Prueba de hipótesis para la media:

CBR						
	N	Media	Desv.	t	gl	Sig. (bilateral)
resistencia CBR	2	4.11	0.33	-8,064	1	0.9607

Por tanto:

Con un sig. de 0.96 superior a 0.05 nivel de significancia se acepta la hipótesis nula H0 que la resistencia (CBR) es inferior a 6 de promedio 4.11 siendo un promedio Insuficiente.

Con respecto a las dosificaciones sugeridas en el Anexo 7 se observa que cuando aumentamos las dosificaciones de sal de Maras en 3%, 5%, 8% (tabla 17 y 18) y la cal de Huanca en 2%, 5%, 8% (Tabla 23 y 24) en las distintas muestras C-01 y C-02 de la subrasante y según el promedio de resultados de la tabla 29 la densidad máxima seca para la sal de Maras incrementa su valor de 1.48 gr/cm³ (al 3% de dosificación) a 1.50 gr/cm³ (al 8% de dosificación) y la cal de Huanca incrementa de 1.48 gr/cm³ (al 2% de dosificación) a 1.55 gr/cm³ (al 8% de dosificación). Este aspecto coincide con lo obtenido por Larrea y Rivas (2019) donde evidencia que la máxima densidad seca de sus muestras tiene un incremento de 9.33% y por otra parte también coincide con Guaman (2016) donde concluye que cuando mayor sea el porcentaje de cloruro de sodio mayor será la densidad seca, lo cual coincide con nuestros resultados y con respecto a la cal mientras mayor sea la dosificación la densidad disminuye, lo cual este aspecto difiere con la tendencia creciente que tiene nuestros resultados de la densidad seca.

Al ser la MDS un factor importante que interviene en los ensayos CBR, a continuación, se desarrolla la prueba de hipótesis estadística.

La dosificación mayor es la más óptima cuando incorporamos Sal de Maras y Cal de Huanca.

Como se observa la variación de las propiedades mecánicas, por ello se plantea el uso de la prueba de Tukey para ver que dosificación es más óptimo. Donde medias con una letra común no son significativamente diferentes.

CBR * Sal de Maras.

Sal de Maras	media	N	desv.	
inicial	4.11	2	0.24	A
3%	4.32	2	0.24	A
5%	4.7	2	0.24	A
8%	5.29	2	0.24	A

Índice de Plasticidad * Sal de Maras

Sal de Maras	media	N	desv.	
8%	20.44	2	0.2	A
5%	20.65	2	0.2	A
3%	20.89	2	0.2	A
inicial	22.94	2	0.2	B

CBR * Cal de Huanca

Cal de Huanca	media	N	desv.		
Inicial	4.11	2	0.17	A	
2%	4.43	2	0.17	A	B
5%	5.37	2	0.17		B
8%	6.38	2	0.17		C

Índice de Plasticidad * Cal de Huanca

Cal de Huanca	media	N	desv.		
8%	17.03	2	0.17	A	
5%	17.58	2	0.17	A	B
2%	17.79	2	0.17		B
Inicial	22.94	2	0.17		C

Con respecto al índice de plasticidad, los resultados según la tabla 29 para las dosificaciones de sal de Maras al 3%, 5% y 8% son 20.63%, 20.43% y 20.28% y respectivamente y para las dosificaciones de cal de Huanca al 2%, 5% y 8% son 17.72%, 17.55 % y 16.95 %. Tomando como referencia la tabla 2, los índices de plasticidad dosificados con la cal de Huanca mejoran su condición, de ser considerado como suelos de Alta Plasticidad a suelos de Media Plasticidad. A diferencia de los Índices de plasticidad dosificados con la Sal de Maras que siguen siendo considerados como suelos de Alta Plasticidad. Parámetros que coinciden con Sanca (2019) en su tesis donde concluye que la influencia del cloruro de sodio

con dosificación al 10% disminuye el índice de plasticidad a 7% y también Eche y Pelaez (2019) concluye en que se reduce el Índice de plasticidad a mayor dosificación de cloruro de sodio, es decir la muestra patrón tiene valor de IP de 11%, disminuyendo al 6.22% con una dosificación del 12%. Aspecto que también coincide con nuestros resultados.

A continuación, se desarrolla la prueba de hipótesis estadística:

El índice de plasticidad influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru.

Para evaluar el impacto de los tratamientos en el índice de plasticidad en las muestras tratadas se plantea el uso de ANOVA.

- *IP y tratamiento de sal de Maras.*

Hipótesis:

$$H0: \mu_{inicial} = \mu_{3\%} = \mu_{5\%} = \mu_{8\%}$$

La plasticidad no varía debido al aumento de sal de Maras

$$H1: \mu_i = \mu_j$$

Al menos uno de los tratamientos tiene efecto en el Índice de plasticidad.

Nivel de significancia alfa = 0.05

Prueba de hipótesis ANOVA:

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sal de Maras	7.98	3	2.66	33.09	0.0028
Error	0.32	4	0.08		
Total	8.31	7			

Por tanto:

Se acepta que existe diferencia en la plasticidad debido al tratamiento de sal de Maras.

- *IP y tratamiento de cal de Huanca.*

Hipótesis:

$$H0: \mu_{inicial} = \mu_{2\%} = \mu_{5\%} = \mu_{8\%}$$

El IP no varía debido al aumento de cal de Huanca.

$$H1: \mu_i = \mu_j$$

Al menos uno de los tratamientos tiene efecto en el Índice de plasticidad.

Nivel de significancia alfa =0.05

Prueba de hipótesis ANOVA:

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	g l	Media cuadrática	F	Sig.
Cal de Huancarani	45.53	3	15.18	872.7 9	0.000 1
Error	0.007	4	0.002		
Total	45.6	7			

En cuanto al CBR al 95% de densidad seca y a una penetración de 2.54mm, los resultados obtenidos en la tabla 29 para las dosificaciones de cal de Huanca al 2%, 5% y 8% son 4.43%, 5.37% y 6.38% respectivamente y para las dosificaciones de sal de Maras al 3%, 5% y 8% son 4.32%, 4.70% y 5.29%. Tomando como referencia la tabla 4, solo la dosificación al 8% con cal de Huanca mejora su condición, de ser considerado como subrasante Insuficiente a subrasante Regular. A diferencia de los CBR dosificados con la Sal de Maras que siguen siendo considerados con todas las proporciones como subrasante Insuficiente. Estos resultados coinciden con Chaves y Odar (2019) donde concluye que con la dosificación al 10% de cal, incrementa el CBR de 6% a 43%, por lo cual la categoría de su subrasante mejora a de regular a excelente; también Guaman (2016) coincide con la conclusión que incrementa el CBR de 20.88% a 26% para una dosificación con cal de 7.5% y 12.5% respectivamente y finalmente también coincide con lo indicado por Sanca (2019), donde concluye que para el cloruro de sodio incremento su CBR a 5.27% con respecto a su muestra patrón.

A continuación, se desarrolla la prueba de hipótesis estadística:

La resistencia del suelo (CBR) influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru.

Para evaluar el impacto de los tratamientos en la resistencia en las muestras tratadas se plantea el uso de ANOVA.

- *La resistencia CBR y tratamientos de sal de Maras.*

Hipótesis:

$$H0: \mu_{inicial} = \mu_{3\%} = \mu_{5\%} = \mu_{8\%}$$

La resistencia CBR no varía debido al aumento de sal de Maras

$$H1: \mu_i = \mu_j$$

Al menos uno de los tratamientos tiene efecto en la resistencia CBR.

Nivel de significancia alfa =0.05

Prueba de hipótesis ANOVA:

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sal de Maras	1.62	3	0.54	4.68	0.0851
Error	0.46	4	0.12		
Total	2.08	7			

Por tanto:

Se acepta que no existe diferencia en la resistencia CBR debido al tratamiento de sal de Maras.

- *Resistencia CBR y tratamiento de cal de Huancarani.*

Hipotesis:

$$H0: \mu_{inicial} = \mu_{2\%} = \mu_{5\%} = \mu_{8\%}$$

La resistencia no varía debido al aumento de sal de Maras

$$H1: \mu_i = \mu_j$$

Al menos uno de los tratamientos tiene efecto en la resistencia.

Nivel de significancia alfa =0.05

Prueba de hipótesis ANOVA:

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cal de Huancarani	6.27	3	2.09	35.36	0.0024
Error	0.24	4	0.06		
Total	6.51	7			

Por tanto:

Se acepta que existe diferencia en la resistencia CBR debido al tratamiento de cal de Huanca.

VI. CONCLUSIONES

Se demostró que la incorporación de cal de Huanca estabiliza la subrasante solo con la dosificación al 8%; con respecto a la sal de Maras con dosificaciones al 3%, 5% y 8% se concluye que a pesar que mejora sus propiedades físico mecánicas no es suficiente para ser considerado un suelo estabilizado.

Según la evaluación de las características físico mecánicas del suelo natural de la subrasante de la vía Tupac Amaru, el suelo es considerado como una subrasante Insuficiente porque el promedio de CBR (4.11%) es inferior al 6%. Mediante las pruebas estadísticas se concluye que los niveles de plasticidad y resistencia son insuficientes en las muestras iniciales.

Se determinó que la sal de Maras con una dosificación de 3%, al 8% incrementa su densidad seca máxima de 1.48 gr/cm³ al 1.49 gr/cm³ y la cal de Huanca con una dosificación de 2% al 8% aumenta su densidad seca de máxima de 1.48% a 1.55%. Por tanto, la dosificación del 8% en ambos casos es la más óptima porque obtenemos mejores resultados de la densidad seca. De los resultados estadísticos se concluye Se observa que ningún tratamiento de sal de Maras logra mejorar la resistencia de manera de cumplir el mínimo de 6% de CBR. El índice de plasticidad mejorar con todos los tratamientos de sal de maras de manera significativa pero no de manera suficiente para cumplir la normativa de bajar a menos de 20. La cal de Huanca logra mejorar la resistencia a una concentración del 8% superando el 6% normado. Las concentraciones de 2% y 5% son indistintas no cumplen el mínimo establecido. La cal de Huanca logra reducir el indicador de plasticidad hasta niveles aceptables en todos tratamientos siendo el más eficiente al 8% pero siendo efectivo desde un 2% en el manejo de plasticidad.

Se determinó que el índice de plasticidad para las dosificaciones de Cal de Huanca influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru porque disminuye el índice de plasticidad de un 22.94% de la muestra patrón a un 17.79%, 17.58% y 17.03% en sus dosificaciones del 2%, 5% y 8% respectivamente. Por

ende, mejora su clasificación de suelo de Plasticidad Alta a Plasticidad Media. Con respecto a la sal de Maras no influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru, porque a pesar que disminuye el índice de plasticidad de un 22.94% a un 20.89%, 20.65% y 20.44% en sus dosificaciones del 3%, 5% y 8%, estos valores siguen siendo considerados como suelos de Alta plasticidad. De los resultados estadísticos se concluye que, si existe diferencia entre los niveles de plasticidad debido al agregado de sal de Maras en comparación a la muestra inicial, y con respecto a la cal de Huanca ocurre lo mismo.

Se determinó que el CBR al 95% con una penetración del 2.54mm para las dosificaciones de Cal de Huanca influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru porque se incrementa el CBR de un 4.11% de la muestra patrón a un 4.43%, 5.37% y 6.38% en sus dosificaciones del 3%, 5% y 8% respectivamente. Por tanto, solo mejora su categoría de subrasante de Insuficiente a Regular para la dosificación del 8%. Con respecto a la sal de Maras no influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru, porque a pesar que incrementar el CBR de un 4.11% (muestra patrón) a un 4.32%, 4.70% y 5.29% en sus dosificaciones del 3%, 5% y 8%, estos valores siguen siendo considerados como subrasantes Insuficientes. Cabe indicar que para una subrasante sea considerado como estabilizada su CBR debe ser mayor a 6%. De los resultados estadísticos se concluye se concluye que la sal de maras no logra realizar diferencia significativa en la resistencia CBR pero si hacia la cal de Huanca logra mejoras la resistencia de manera significativa.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere ampliar la investigación con mayores porcentajes de dosificación tanto para la cal y sal, debido a que la tendencia de mejoría de la subrasante es directamente proporcional a mayor dosificación.
- Se recomienda verificar si las propiedades físico químicas de los aditivos de cal de Huanca y sal de Maras influyen en los resultados obtenidos como el índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR.
- Se recomienda continuar con la investigación realizando el análisis de la combinación de los tres materiales como son el suelo natural, la sal de Maras y la cal Huanca.
- Se sugiere realizar los estudios in situ de la vía Tupac amaru para analizar el comportamiento del suelo de la subrasante cuando estén dosificados y obtener los resultados de este para conocer si tienen la misma tendencia que se realizó en estos estudios.
- Se recomienda realizar estudios de estabilización con estos mismos aditivos en otro tipo de suelos para verificar si tienen algún otro tipo de comportamiento distintos a los obtenidos en esta investigación.
- Se sugiere realizar el análisis de rentabilidad costo beneficio de los estabilizadores utilizados en la presente investigación (sal de Maras y cal de Huanca).

REFERENCIAS

- BRAJA, Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México: Editorial Thomson Editores, S. A., 2001.
ISBN: 0534371145.
- JUAREZ, Eulalio. Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos. México D.F.: Editorial Limusa, 2005.
ISBN: 9681800699.
- BERNAL, César. Metodología de la investigación. 2da ed. Colombia: Editorial Person Educación, 2010
ISBN: 978958699128-5
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA Pilar. Metodología de la investigación. 6ta ed. México D.F.: Editorial McGraw-Will, 2014.7
ISBN: 9781456223960.
- TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4ta ed. México D. F.: Editorial Limusa, 2003.
ISBN: 9681858727.
- ROBLEZ, Jhonny Antonio. Análisis y estabilización de arcilla negra con cloruro de sodio (NaCl), arena pomez, cal y cemento, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Tesis (Ingeniero Civil). Managua: Universidad Nacional De Ingeniería, 2018.
- GUAMÁN Iler, Israel Isaías. Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio). Tesis (Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica De Ambato, 2016.

- LARREA, Bárbara y RIVAS, Juan Carlos. Estabilización de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio. Tesis (Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2019.
- SANCA, Jhonny. Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando cloruro de sodio y Sistema Consolid – Puente Piedra 2019. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- PARRA, Manuel Gerardo. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis (Ingeniero Civil). Bogota D. C: Universidad Católica De Colombia, 2018.
- CHÁVEZ, Diego Marco Antonio Bryan y ODAR, Gabriela. Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, 2019.
- ECHE, Karen Fiorella y PELAEZ Anderson Klismann. Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, Distrito de Santa - Ancash - 2019. Tesis (Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones: Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos. Lima, 2014.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones: Manual de ensayos de materiales. Lima, 2016.
- DIRECCION General de Inversión Pública: Pautas Metodológicas para el desarrollo de Alternativas de pavimento en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión publica de carreteras. Lima, 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.

Anexo 3: Fichas e instrumentos de recolección de datos.

Anexo 4: Ensayo físico químico de la sal de Maras y cal de Huanca.

Anexo 5: Resultados de los ensayos de laboratorio.

Anexo 6: Certificados de calibración de los equipos de laboratorio.

Anexo 7: Cuadros del manual de carreteras MTC 2014.

Anexo 8: Calculo del Índice Medio Diario Anual.

Anexo 9: Base de datos de análisis estadístico.

Anexo 10: Panel fotográfico.

Anexo 11: Planos.


ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA


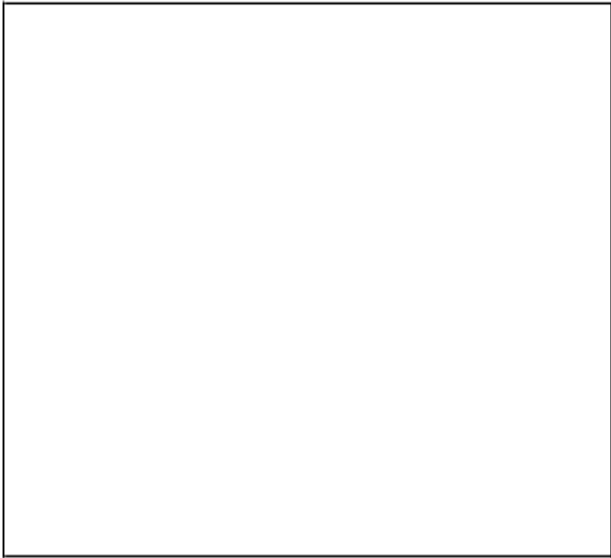
Titulo: "Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización en la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021"				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VI	
<ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida la incorporación de sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Demostrar que la incorporación de sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> La incorporación de sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante estabiliza la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021. 	INCORPORACION DE SAL DE MARAS Y CAL DE HUANCA EN LA SUBRASANTE	TIPOS DE INVESTIGACION
			INDICADORES	INVESTIGACION APLICADA
			INDICE DE PLASTICIDAD	DISEÑO DE LA INVESTIGACION
			RESISTENCIA DEL SUELO (CBR)	CUASI EXPERIMENTAL
			Dosificación de Sal en 3%, 5% y 8%	NIVEL DE LA INVESTIGACION
			Dosificación de Cal en 2%, 5% y 8%	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	VD	ENFOQUE
<ul style="list-style-type: none"> ¿Como son las características físico mecánicas de la subrasante natural en la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, Distrito De San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, ¿Año 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar las características físico mecánicas de la subrasante natural en la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021 	<ul style="list-style-type: none"> Las características físico mecánicas de la subrasante natural es insuficiente para la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021. 	ESTABILIZACION	CUANTITATIVO
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la dosificación mas optima cuando incorporamos sal de maras y cal de huanca a la subrasante de la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, Distrito De San Jerónimo, Provincia Y Departamento De Cusco, Año 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la dosificación más optima cuando incorporamos sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021 	<ul style="list-style-type: none"> La dosificación mayor es la más optima cuando incorporamos sal de Maras y cal de Huanca a la subrasante de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021 	INDICADORES	SUELOS DE LA VIA TUPAC AMARU
			INDICE DE PLASTICIDAD	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo el índice de plasticidad influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, Distrito De San Jerónimo, Provincia Y Departamento De Cusco, Año 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar si el índice de plasticidad influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021 	<ul style="list-style-type: none"> El índice de plasticidad influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru, APV Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, año 2021. 	RESISTENCIA DEL SUELO (CBR)	MUESTRA
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo la resistencia del suelo (CBR) influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, Distrito De San Jerónimo, Provincia Y Departamento De Cusco, Año 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar si la resistencia del suelo (CBR) influye en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021 	<ul style="list-style-type: none"> La resistencia del suelo (CBR) influye significativamente en la estabilización de la vía Tupac Amaru, Apv Juscapampa, distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco, Año 2021. 		MATERIAL EXTRAIDO DE LAS 2 CALICATAS DE LA VIA TUPAC AMARU

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTOS
Variable Independiente: Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante	Subrasante: Se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento.	Realizamos ensayos para conocer las características físico mecánicas de la subrasante natural como el índice de plasticidad y resistencia del suelo (CBR).	propiedades físico mecánicas de la subrasante	Índice de plasticidad	de razón	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
				Resistencia del suelo (CBR)	de razón	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
	Dosificación es el acto y el efecto de determinar una dosis, una porción o cantidad de algo, la idea de dosificación también alude al uso de las proporciones apropiadas para realizar una mezcla	Se incorpora sal de Maras al suelo natural en dosificaciones de 3%, 5% y 8%.	Dosificación con sal de Maras y cal de Huanca	Dosificación de Sal en 3%, 5% y 8%	de razón	Peso
					de razón	Peso
					de razón	Peso
		Se incorpora cal de Huanca al suelo natural en dosificaciones de 2%, 5% y 8%.		Dosificación de Cal en 2%, 5% y 8%	de razón	Peso
					de razón	Peso
					de razón	Peso
Variable Dependiente: Estabilización	Según MTC (2014). Es la modificación de las propiedades físicas para mejorar un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.	Se desarrolla los ensayos de índice de plasticidad y resistencia del suelo (CBR) en el suelo estabilizado.	Propiedades físico mecánicas del suelo estabilizado	Índice de plasticidad	de razón	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
				Resistencia del suelo (CBR)	de razón	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

ANEXO 3: FICHAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

FICHA DE ANALISIS DOCUMENTAL		 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Nombre de documento: (Registre el nombre o titulo del documento consultado)		
Autor (Registre el nombre completo del autor)		
Referencia bibliografica según norma APA (Registre la referencia bibliografica completa de acuerdo a la estreuctura que corresponda en norma APA)		
Palabras clave de busqueda (Registre las palabras con las que resalizo la busqueda)		
Palabras clave de texto (Registre las palabras claves que aparecen)		
Ubicación(direccion electronica) (Registre la URL para los documentos encontrados en la web)		
Descripcion del aporte al tema seleccionado (Presente una descripcion argumentada de aportes que considere oportuno)		
Conceptos abordados (Conceptos claves que le aporta a su tema explicando por que)		

		FICHA DE DESCRIPCION DE CAMPO PROYECTO: "EVALUACION DEL SUELO ADICIONANDO SAL DE MARAS Y CAL DE HUANCA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA TUPAC AMARU, APV JUSCAPAMPA, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO, AÑO 2021"													
VISITA N°			CODIGO HOJA		DATUM	WGS 84									
UBICACIÓN:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> PROV: DIST: DESCRITA POR: </div> <div style="width: 65%; text-align: center;"> FOTOGRAFIA  </div> </div>														
ESTADO															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">COORDENADAS UTM</td> </tr> <tr> <td style="width: 33%;">X</td> <td style="width: 33%;">Y</td> <td style="width: 33%;">Z</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>							COORDENADAS UTM			X	Y	Z			
COORDENADAS UTM															
X	Y	Z													
DESCRIPCION DEL LUGAR															
OBSERVACIONES															

FICHA DE CARACTERIZACION DE CANTERA

NOMBRE:

ACCESO:

TIPO DE CANTERA (SALINERAS MARAS):

COORDENADAS UTM DATUM: WGS 84



ESTE	NORTE
<input type="text"/>	<input type="text"/>



UBICACIÓN GENERAL:

DISTRITO:	CASERIO:	-
ANEXO:	COMUNIDAD:	MARAS

UBICACION GEOGRAFICA:

ALTITUD(msnm): 3005 msnm
DESCRIPCION:
1.

FOTOGRAFIA:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE

PROYECTO

UBICACIÓN

FECHA

CALICATA

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Perdida por lavada:

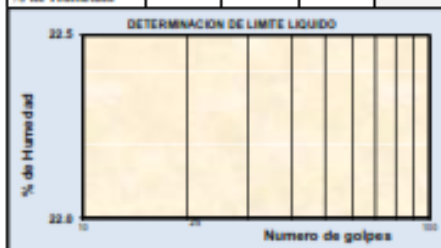
[illegible]

Limite Líquido NTP 339.128

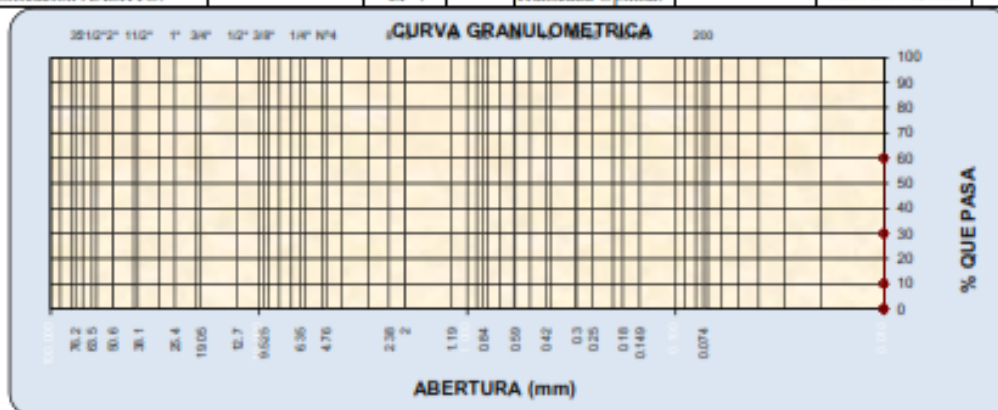
Ensayo	1	2	3	4
N° de Golpes				
Recipiente N°				
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.				
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad				

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	a	b	c
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso Recip.			
Peso Agua			
Peso S. Seco			
% de Humedad			



Clasificación SUCS :	LL :	Máx.Dens.Seca :	CTR AL 95% MDS	2.8%
Clasificación AASHTO:	LP :	Humedad Óptima:	CTR AL 100% MDS	4.8%





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115.

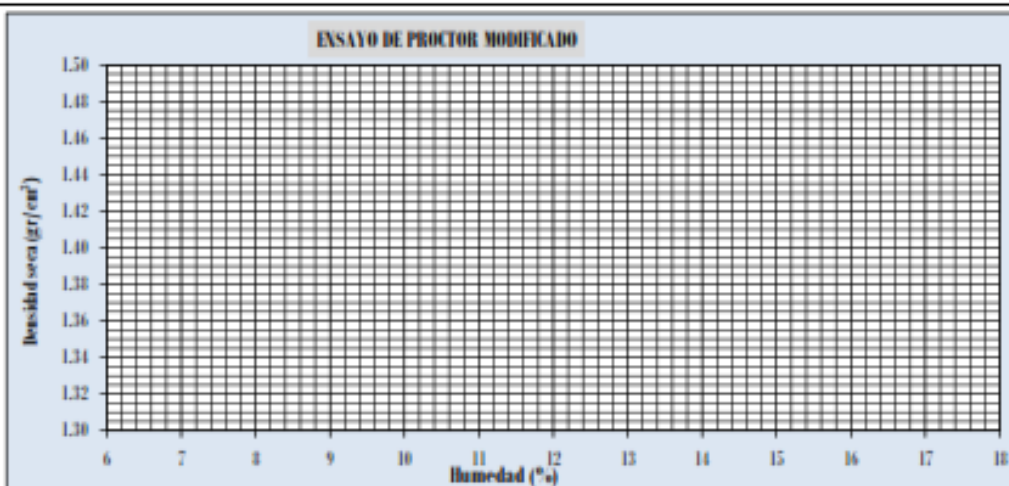
DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO 0
UBICACIÓN 0
MATERIAL 0
FECHA 0

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas				
Número de golpes				
Peso suelo + molde (gr.)				
Peso molde (gr.)				
Peso suelo compactado (gr.)				
Volumen del molde (cm ³)				
Densidad húmeda (gr/cm ³)				

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)								
Tara + suelo húmedo (gr.)								
Tara + suelo seco (gr.)								
Peso del Suelo Húmedo (gr.)								
Peso del Suelo Seco (gr.)								
Peso de agua (gr.)								
Humedad (%)								
Promedio								
Densidad Seca (gr/cm ³)								

ρ. Densidad Seca (gr/cm ³)		Contenido Humedad Optima (%)	
--	--	---------------------------------	--



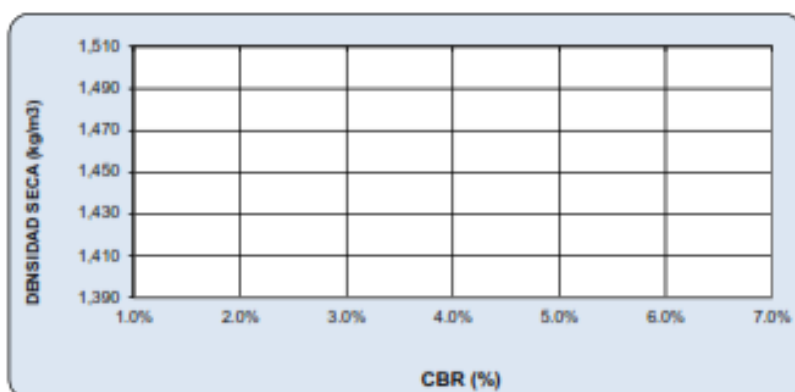
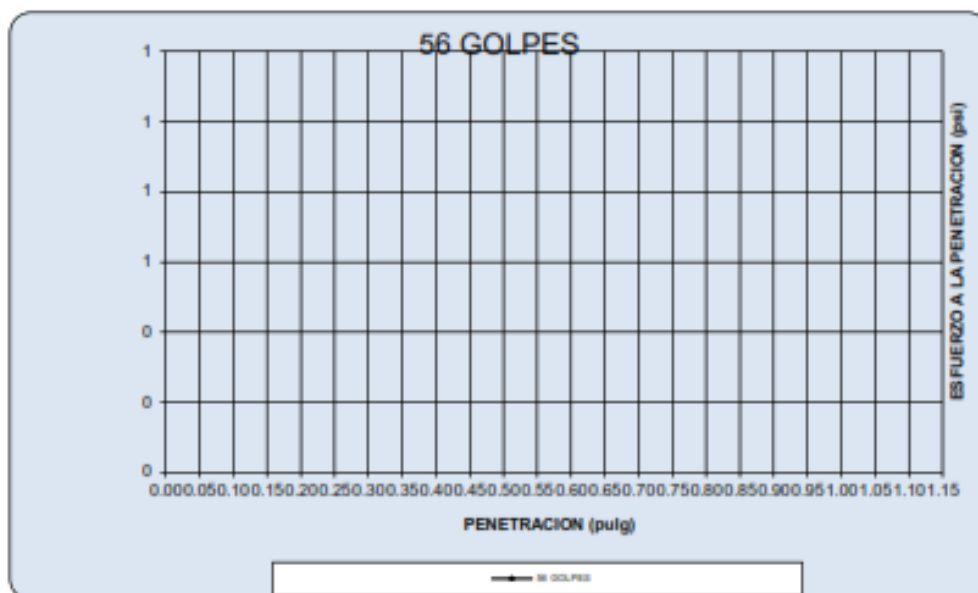


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO
UBICACIÓN
MATERIAL
FECHA



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)		CBR AL 95% DE MDS =
HUMEDAD OPTIMA (%)		CBR AL 100% DE MDS =
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES		
25 GOLPES		
12 GOLPES		
VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = #1DIV/0!		
OBSERVACION		

ANEXO 4: ENSAYO FÍSICO QUÍMICO DE LA SAL DE MARAS Y CAL DE HUANCA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0137-21-LAQ

SOLICITANTE: RINVER USCA FARFAN

JOACIN PUBERLY MEJIA ROMERO

MUESTRA : SAL DE MARAS

FECHA A. : C/03/08/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO

=====	
Humedad %	0.88
Materia Insoluble %	1.60
NaCl % (Pureza)	96.50
Calcio %	0.16
Magnesio %	0.12
Sulfatos %	0.20
=====	

NTP 209.015

Cusco, 11 de Agosto 2021

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquiades Herrera Arévalo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0138-21-LAQ

SOLICITANTE: RINVER USCA FARFAN
JOACIN PUBERLY MEJIA ROMERO

MUESTRA : CAL
FUENTE : HUANCA
FECHA A. : C/03/08/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====	
Humedad %	10.20
CaO %	80.60
MgO %	1.92
CO ₂ %	0.70
=====	

QUIMICA ANALITICA CUANTITATIVA, ARTHUR I. VOGEL



Cusco, 11 de Agosto 2021



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquíades Herrera Arvellec
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

ANEXO 5: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Suelo Natural

Granulometría (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total	855.0
Peso de muestra lavada:	80.9
Perdida por lavada:	774.1

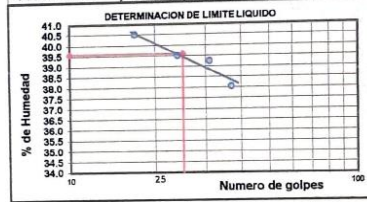
Límite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	37	31	24	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.45	32.13	30.73	29.48
R + Suelo Seco	25.04	27.08	26.07	24.98
Peso Recip.	13.45	14.21	14.27	13.87
Peso Agua	4.41	5.05	4.66	4.50
Peso S. Seco	11.59	12.87	11.80	11.11
% de Humedad	38.05	39.24	39.49	40.50

Límite Plástico NTP 339.128

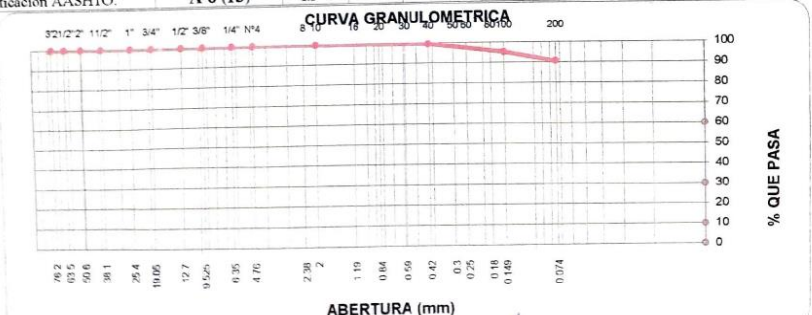
Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.22	13.89	14.04
R + Suelo Seco	12.44	12.94	13.05
Peso Recip.	7.77	7.03	7.14
Peso Agua	0.78	0.95	0.99
Peso S. Seco	4.67	5.91	5.91
% de Humedad	16.70	16.07	16.75

Malla	Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.0	100.00		
2"	50.800	0.0	0.00	0.0	100.00		
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.0	100.00		
1"	25.400	0.0	0.00	0.0	100.00		
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.0	100.00		
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.0	100.00		
3/8"	9.525	0.0	0.00	0.0	100.00		
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.0	100.00		
No.4	4.760	0.0	0.00	0.0	100.00		
10	2.000	0.0	0.00	0.0	100.00		
40	0.420	2.9	0.30	0.3	99.70		
100	0.149	38.0	4.40	4.7	95.30		
200	0.074	40.0	4.70	9.4	90.60		
< 200		774.1	90.50	99.9	0.10		
Total			855.0	100.00			




Clasificación SUCS : CL	L.L. : 39.59	Máx. Dens. Seca : 1.47	CBR AL 95% MDS : 3.87%
Clasificación AASHTO : A-6 (13)	I.P. : 23.09	Humedad Óptima : 17.07	CBR AL 100% MDS : 4.05%

CURVA GRANULOMETRICA



ABERTURA (mm)



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C.E.I.R.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
Nº 128471
RES. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

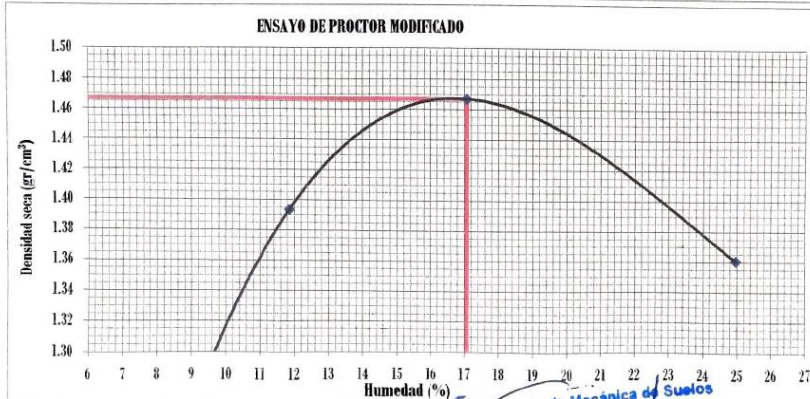
DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Suelo Natural

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9033	9488	9825	9788
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2850	3305	3642	3605
Volúmen del molde (cm³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.344	1.559	1.718	1.700

Humedad (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
Tara N°								
Peso de tara (gr.)	19.16	19.20	19.11	19.65	19.30	18.85	19.31	19.39
Tara + suelo húmedo (gr.)	147.41	127.89	145.02	139.47	144.55	146.20	117.04	123.50
Tara + suelo seco (gr.)	137.28	119.23	132.20	126.27	126.38	127.54	98.10	102.09
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	128.25	108.69	125.91	119.82	125.25	127.35	97.73	104.11
Peso del Suelo Seco (gr.)	118.12	100.03	113.09	106.62	107.08	108.69	78.79	82.70
Peso de agua (gr.)	10.13	8.66	12.82	13.20	18.17	18.66	18.94	21.41
Humedad (%)	8.58	8.66	11.34	12.38	16.97	17.17	24.04	25.89
Promedio	8.62		11.86		17.07		24.96	
Densidad Seca (gr/cm³)	1.237		1.393		1.467		1.360	

x. Densidad Seca (gr/cm³)	1.47	Contenido Humedad Optima (%)	17.07
---------------------------	------	------------------------------	-------



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
C.R. 128871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	: Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO	: Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN	: Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA	: 04/08/2021
CALICATA	: C-1 Suelo Natural

DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.467	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:							
Humedad Optima	17.1%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: A-6 (13)							
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL							
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
	1	2	3								
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Altura	12.90	12.90	12.90								
Diámetro	15.25	15.25	15.25								
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2								
DATOS DE COMPACTACION											
	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Peso del Molde (gr)	8,555	8,321	8,215								
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,322	4,312	4,321								
Densidad Humeda (gr/cm3)	4,233	4,009	3,894								
Densidad Seca (gr/cm3)	1.80	1.70	1.65								
	1.52	1.45	1.40								
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	15.30	15.41	15.56	15.47	15.58	16.43					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	73.81	73.42	75.43	76.81	72.66	77.02					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	64.91	64.60	66.35	67.70	63.88	67.71					
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31					
Peso del Suelo Seco (gr)	49.61	49.19	50.79	52.23	48.30	51.28					
Contenido de Humedad	17.94%	17.93%	17.88%	17.44%	18.18%	18.16%					
Contenido de Humedad Promedio	17.94%	17.66%	18.17%								
DATOS DE ABSORCION											
	1	2	3								
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,723	9,811	9,799								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,555	8,321	8,215								
Porcentaje de Absorción	27.59%	37.17%	40.68%								
ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION	0.001	1	2	3							
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	66	0.066	1.30%	124	0.124	2.44%	176	0.176	3.47%
26/07/2021	13.00	48 horas	89	0.089	1.75%	144	0.144	2.84%	176	0.176	3.47%
27/07/2021	13.00	72 horas	89	0.089	1.75%	155	0.155	3.05%	176	0.176	3.47%
28/07/2021	13.00	96 horas	89	0.089	1.75%	155	0.155	3.05%	180	0.180	3.54%
ENSAYO DE PENETRACION											
AREA PISTON	3.0	Pulg. Cuadradas	1	2	3						
			56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES						
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI						
0.5 min	0.64	0.025	6	62	21	3	33	11	2	23	8
1.0 min	1.27	0.050	11	111	37	4	42	14	3	33	11
1.5 min	1.91	0.075	16	161	54	6	62	21	5	52	17
2.0 min	2.54	0.100	23	229	76	9	92	31	6	62	21
4.0 min	5.08	0.200	46	456	152	18	180	60	12	121	40
6.0 min	7.62	0.300	69	682	227	27	269	90	18	180	60
8.0 min	10.16	0.400	92	909	303	36	357	119	24	239	80
10.0 min	12.70	0.500	115	1135	371	36	357	119	24	239	80

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza

RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES G&C E.I.R.L.

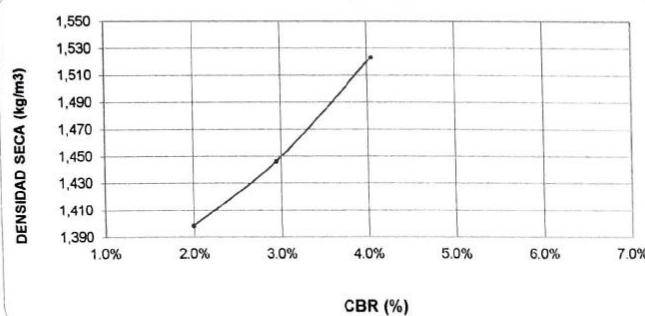
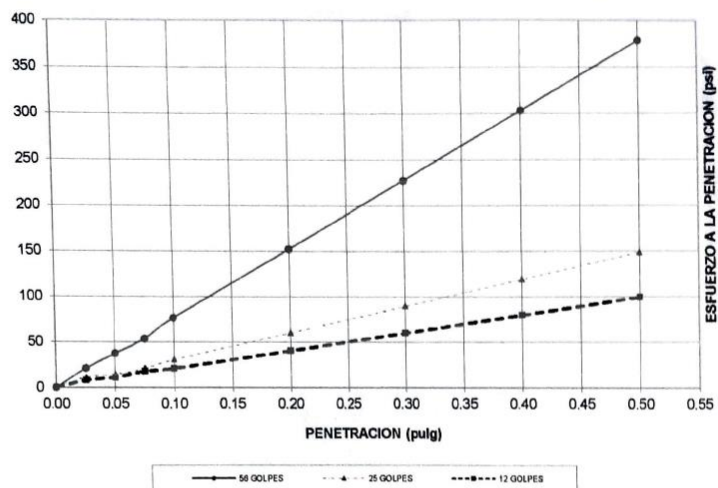


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Suelo Natural



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.47	CBR AL 95% DE MDS =	3.87%
HUMEDAD OPTIMA (%)	17.07	CBR AL 100% DE MDS =	4.05%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLFES	1.75%	27.59%	CBR (0.1") / CBR (0.2") =
25 GOLFES	3.05%	37.17%	0.75
12 GOLFES	3.54%	40.68%	OBSERVACION

Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales G & C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 170071
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Suelo Natural

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total : 632.9
 Peso de muestra lavada: 65.0
 Perdida por lavada: 567.9

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	caciones
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.0	100.00
2"	50.600	0.0	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.0	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.525	0.0	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.0	100.00
No4	4.760	0.0	0.00	0.0	100.00
10	2.000	0.0	0.00	0.0	100.00
40	0.420	1.8	0.30	0.3	99.70
100	0.149	26.9	4.30	4.6	95.40
200	0.074	36.3	5.70	10.3	89.70
< 200		567.9	89.70	100.0	0.00
Total		632.9	100.00		

Límite Líquido NTP 339.128

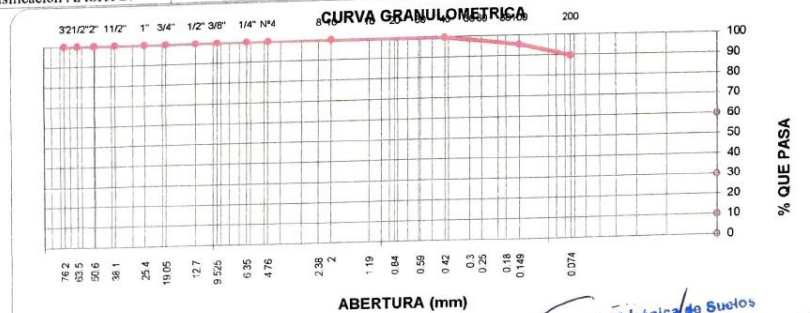
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	38	32	24	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.99	32.67	31.27	30.02
R + Suelo Seco	25.48	27.55	26.37	25.36
Peso Recip.	13.24	14.00	14.06	13.66
Peso Agua	4.51	5.12	4.90	4.66
Peso S. Seco	12.24	13.55	12.31	11.70
% de Humedad	36.85	37.79	39.81	39.83

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.56	14.01	14.37
R + Suelo Seco	12.76	13.00	13.43
Peso Recip.	7.89	7.00	7.21
Peso Agua	0.80	1.01	0.94
Peso S. Seco	4.87	6.00	6.22
% de Humedad	16.43	16.83	15.11



Clasificación SUCS : CL L.L. : 38.90 Máx. Dens. Seca : 1.47 CBR AL 95% MDS : 4.34%
 Clasificación AASHTO : A-6 (13) 1P : 22.77 Humedad Óptima : 17.12 CBR AL 100% MDS : 4.5%



Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Materiales G & C E.I.R.L.
 Ing. Alfredo Gestir Apaza
 CP 120871
 RES. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver

PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización

UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco

FECHA : 04/08/2021

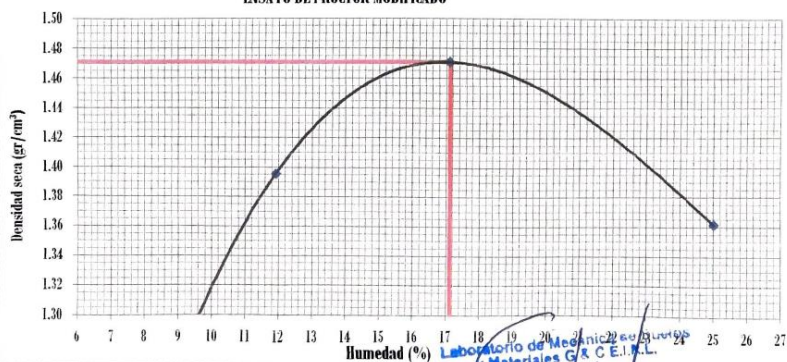
CALICATA : C-2 Suelo Natural

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9054	9495	9836	9792
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2871	3312	3653	3609
Volúmen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.354	1.562	1.723	1.702

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	17.59	17.63	17.54	18.08	17.73	17.28	17.74	17.82
Tara + suelo húmedo (gr.)	146.20	126.68	143.81	138.26	143.34	144.99	115.83	122.29
Tara + suelo seco (gr.)	135.97	117.92	130.89	124.96	125.07	126.23	96.79	100.78
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	128.61	109.05	126.27	120.18	125.61	127.71	98.09	104.47
Peso del Suelo Seco (gr.)	118.38	100.29	113.35	106.88	107.34	108.95	79.05	82.96
Peso de agua (gr.)	10.23	8.76	12.92	13.30	18.27	18.76	19.04	21.51
Humedad (%)	8.64	8.73	11.40	12.44	17.02	17.22	24.09	25.93
Promedio	8.69		11.92		17.12		25.01	
Densidad Seca (gr/cm³)	1.246		1.396		1.471		1.361	
x. Densidad Seca (gr/cm³)	1.47					Contenido Humedad Optima (%)		17.12

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 129571
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Suelo Natural

DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.471	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	17.1%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: A-6 (13)
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL

DATOS DEL MOLDE (cm.)

	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
DATOS DE COMPACTACION	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,412	8,216	8,025
Peso del Molde (gr)	4,322	4,312	4,301
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,090	3,904	3,724
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.74	1.66	1.58
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.47	1.41	1.34

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	17.04	17.15	17.30	17.21	17.32	18.17
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	75.55	75.16	77.17	78.55	74.40	78.76
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	66.65	66.34	68.09	69.44	65.62	69.45
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31
Peso del Suelo Seco (gr)	49.61	49.19	50.79	52.23	48.30	51.28
Contenido de Humedad	17.94%	17.93%	17.88%	17.44%	18.18%	18.16%
Contenido de Humedad Promedio	17.94%	17.66%	18.17%			

DATOS DE ABSORCION

	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,801	9,877	9,821
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,412	8,216	8,025
Porcentaje de Absorción	33.96%	42.55%	48.23%

ENSAYO DE EXPANSION

			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	78	0.078	1.54%	160	0.160	3.15%	178	0.178	3.50%
26/07/2021	13.00	48 horas	78	0.078	1.54%	165	0.165	3.25%	187	0.187	3.68%
27/07/2021	13.00	72 horas	78	0.078	1.54%	165	0.165	3.25%	190	0.190	3.74%
28/07/2021	13.00	96 horas	78	0.078	1.54%	165	0.165	3.25%	190	0.190	3.74%

ENSAYO DE PENETRACION

			1			2			3		
AREA PISTON			3.0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES		
TIEMPO			PENETRACION								
			Dial	Carga	Estuer.	Dial	Carga	Estuer.	Dial	Carga	Estuer.
			(mm)	(lb)	(PSI)						
			(mm)	(pulg)							
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	3	33	11	2	23	8
1.0 min	1.27	0.050	13	131	44	5	52	17	3	33	11
1.5 min	1.91	0.075	18	180	60	7	72	24	5	52	17
2.0 min	2.54	0.100	26	259	86	10	102	34	6	62	21
4.0 min	5.08	0.200	52	515	172	20	200	67	12	121	40
6.0 min	7.62	0.300	78	771	257	30	298	99	18	180	60
8.0 min	10.16	0.400	104	1027	342	40			239	239	80
10.0 min	12.70	0.500	130	1283	428				298	298	99

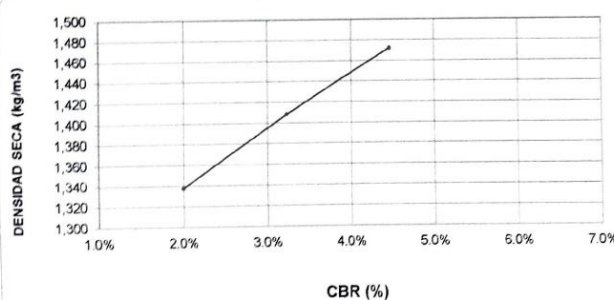
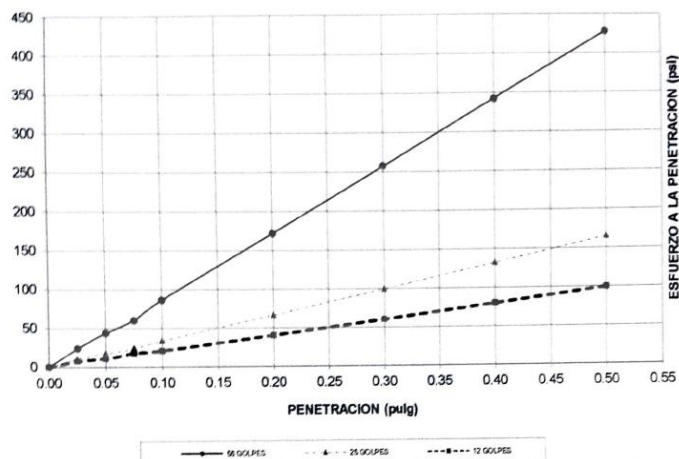
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 124571
RESP. LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	: Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO	: Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN	: Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA	: 04/08/2021
CALICATA	: C-1 Suelo Natural





RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.47	CBR AL 95% DE MDS =	4.34%
HUMEDAD OPTIMA (%)	17.12	CBR AL 100% DE MDS :	4.5%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
56 GOLPES	1.54%	33.96%	
25 GOLPES	3.25%	42.55%	
12 GOLPES	3.74%	48.23%	OBSERVACION:

Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Materiales GAC E.I.R.L.

 Ing. Alfredo Gaspar Sapeza
 CIP 128571
 RESP. LABORATORIO

- Resultados de la calicata C-01.


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y MATERIALES GAC E.I.R.L.**


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver

PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización

UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco

FECHA : 04/08/2021

CALICATA : C-1 Dosificación al 2% CAL

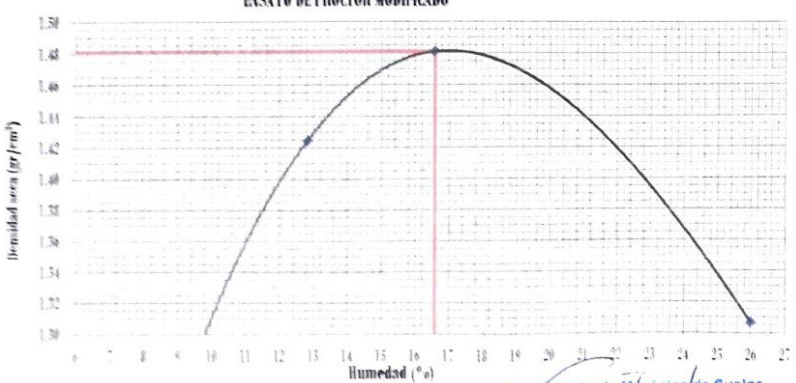
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	8989	9591	9844	9673
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2806	3408	3661	3490
Volumen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.323	1.607	1.726	1.646

Humedad (%)



Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16
Tara + suelo húmedo (gr.)	145.04	125.52	142.65	137.10	142.18	143.83	114.67	121.13
Tara + suelo seco (gr.)	135.21	117.16	129.13	123.20	124.31	126.47	95.03	100.02
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	125.88	106.36	123.49	117.94	123.02	124.67	95.51	101.97
Peso del Suelo Seco (gr.)	116.05	98.00	109.97	104.04	105.15	107.31	75.87	80.86
Peso de agua (gr.)	9.83	8.36	13.52	13.90	17.87	17.36	19.64	21.11
Humedad (%)	8.47	8.53	12.29	13.36	16.99	16.18	25.89	26.11
Promedio	8.50		12.83		16.59		26.00	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.220		1.424		1.481		1.306	

x. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.48	Contenido Humedad Optima (%)	16.59
--	------	------------------------------	-------

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Materiales GAC E.I.R.L.
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza
 C.P. 128571
 RESP. LABORATORIO


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
G&C E.I.R.L.


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	: Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO	: Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN	: Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA	: 04/08/2021
CALICATA	: C-1 Dosificación al 2% CAL

DATOS GENERALES				
Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.481	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	16.6%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS :

DATOS DEL MOLDE (cm.)	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.91	12.90
Diámetro	15.24	15.25	15.25
Volumen	2353.2	2358.1	2356.2

	MOLDE Nº 20	MOLDE Nº 21	MOLDE Nº 22
DATOS DE COMPACTACION	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,399	8,252	8,039
Peso del Molde (gr)	4,322	4,312	4,321
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,077	3,940	3,718
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.73	1.67	1.58
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.48	1.43	1.35

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	13.56	13.67	13.82	13.73	13.84	14.69
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	75.55	75.16	77.17	78.55	74.40	78.76
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	66.65	66.34	68.09	69.44	65.62	69.45
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31
Peso del Suelo Seco (gr)	53.09	52.67	54.27	55.71	51.78	54.76
Contenido de Humedad	16.76%	16.75%	16.73%	16.35%	16.96%	17.00%
Contenido de Humedad Promedio	16.75%	16.54%	16.98%			

DATOS DE ABSORCION	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,645	9,721	9,638
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,399	8,252	8,039
Porcentaje de Absorción	30.56%	37.28%	43.01%

ENSAYO DE EXPANSION			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	56	0.056	1.10%	98	0.098	1.93%	160	0.160	3.15%
26/07/2021	13.00	48 horas	78	0.078	1.54%	145	0.145	2.86%	165	0.165	3.25%
27/07/2021	13.00	72 horas	78	0.078	1.54%	145	0.145	2.86%	165	0.165	3.25%
28/07/2021	13.00	96 horas	78	0.078	1.54%	145	0.145	2.86%	165	0.165	3.25%

ENSAYO DE PENETRACION										
			1			2			3	
AREA PISTON	3.0	Pulg. Cuadradas	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES	
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	4	42	14	2	23
1.0 min	1.27	0.050	13	131	44	5	52	17	4	42
1.5 min	1.91	0.075	18	180	60	8	82	27	6	62
2.0 min	2.54	0.100	25	249	83	11	111	37	8	82
4.0 min	5.08	0.200	50	495	165	22	220	73	16	161
6.0 min	7.62	0.300	75	741	247	33	328	109	24	239
8.0 min	10.16	0.400	100	987	329	44	436	145	32	318
10.0 min	12.70	0.500	125	1233	411	55	543	193	40	392

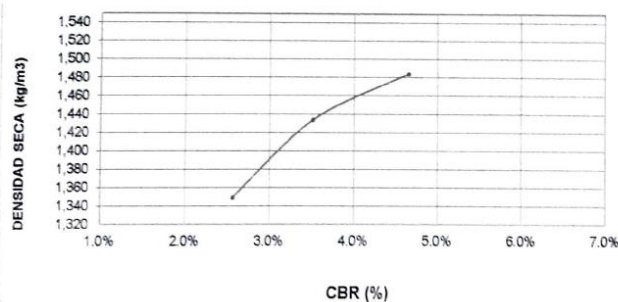
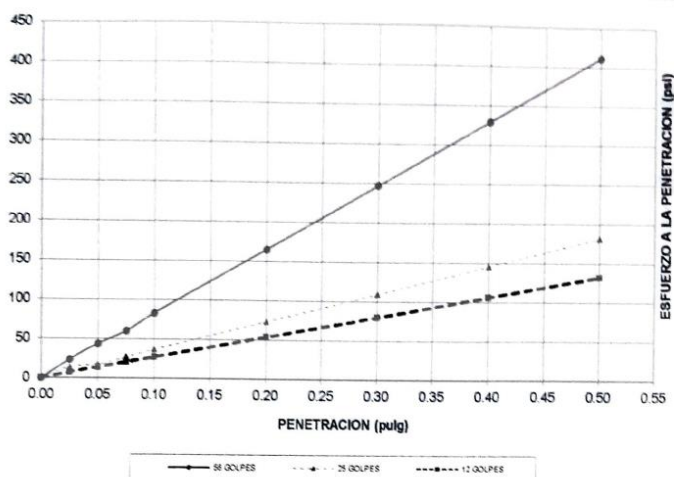
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
 CP 13871
 RESP. LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Dosificación al 2% CAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m³)	1.48	CBR AL 95% DE MDS =	4.42%
HUMEDAD OPTIMA (%)	16.59	CBR AL 100% DE MDS =	4.66%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION (%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:	
56 GOLFES	1.54% 30.56%	CBR (0.1") / CBR (0.2") =	
25 GOLFES	2.86% 37.28%		
12 GOLFES	3.25% 43.01%	OBSERVACION:	


 Ing. Alfredo Gaspar Apaza
 CIP 12887
 RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Dosificación de cal 5%

Granulometría (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total :
 Peso de muestra lavada:
 Perdida por lavada:

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	-	-	-	-
2 1/2"	63.500	-	-	-	-
2"	50.600	-	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-	-
1"	25.400	-	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-	-
1/4"	6.350	-	-	-	-
No.4	4.760	-	-	-	-
10	2.000	-	-	-	-
40	0.420	-	-	-	-
100	0.149	-	-	-	-
200	0.074	-	-	-	-
< 200	-	-	-	-	-
Total	-	-	-	-	-

Límite Líquido NTP 339.128

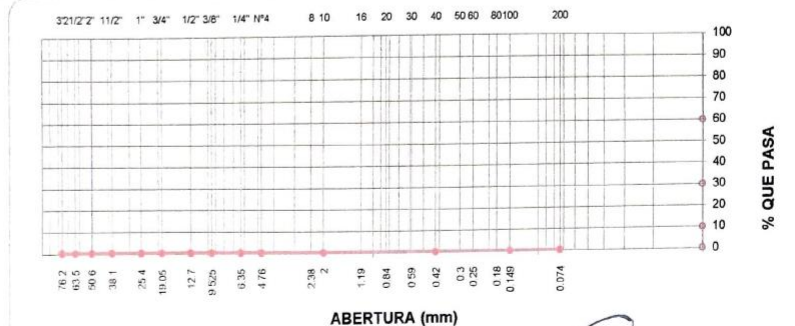
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	36	31	26	14
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.63	31.31	29.91	28.66
R + Suelo Seco	24.71	26.84	25.74	24.66
Peso Recip.	12.63	13.39	13.45	13.05
Peso Agua	3.92	4.47	4.17	4.00
Peso S. Seco	12.08	13.45	12.29	11.61
% de Humedad	32.45	33.23	33.93	34.45

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	15.09	15.61	15.44
R + Suelo Seco	14.21	14.69	14.48
Peso Recip.	8.86	8.81	8.44
Peso Agua	0.88	0.92	0.96
Peso S. Seco	5.35	5.88	6.04
% de Humedad	16.45	15.65	15.89



Clasificación SUCS : - L.L. : **33.61** Máx.Dens.Seca : **1.51** CBR AL 95% MDS : **5.1%**
 Clasificación AASHTO : - I.P. : **17.62** Humedad Optima : **16.21** CBR AL 100% MDS : **5.7%**



Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
 CP 120571
 RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y MATERIALES GAC E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Dosificación de cal 5%

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9043	9643	9897	9610
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2860	3460	3714	3427
Volumen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.349	1.632	1.751	1.616

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70
Tara + suelo húmedo (gr.)	145.88	126.36	143.49	137.94	143.02	144.67	115.51	121.97
Tara + suelo seco (gr.)	136.05	118.00	129.97	124.04	125.85	127.21	95.87	100.86
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	126.18	106.66	123.79	118.24	123.32	124.97	95.81	102.27
Peso del Suelo Seco (gr.)	116.35	98.30	110.27	104.34	106.15	107.51	76.17	81.16
Peso de agua (gr.)	9.83	8.36	13.52	13.90	17.17	17.46	19.64	21.11
Humedad (%)	8.45	8.50	12.26	13.32	16.18	16.24	25.78	26.01
Promedio	8.48		12.79		16.21		25.90	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.243		1.447		1.507		1.284	

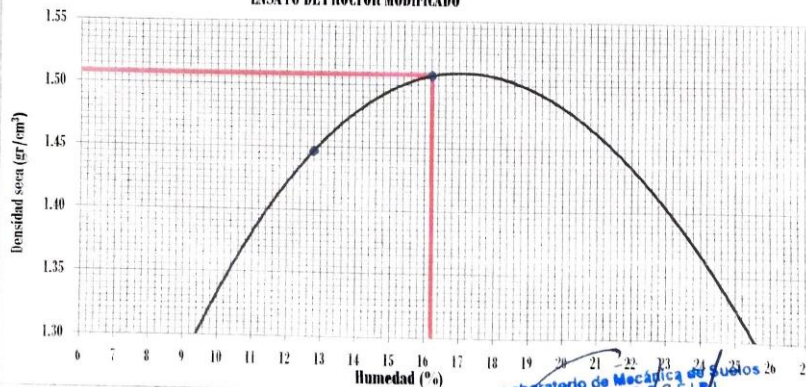
x. Densidad Seca (gr/cm³)

1.51

Contenido Humedad
Optima (%)


16.21

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales GAC E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CP 12871
RESP. LABORATORIO


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
GAC E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	: Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO	: Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN	: Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA	: 04/08/2021
CALICATA	: C-1 Dosificación de cal 5%

DATOS GENERALES				
Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.508	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos
Humedad Optima	16.2%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:
Humedad Natural		Numero de Capas	5 capas	SUCS :

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLFES	25 GOLFES	12 GOLFES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
DATOS DE COMPACTACION	56 GOLFES	25 GOLFES	12 GOLFES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,422	8,309	8,180
Peso del Molde (gr)	4,322	4,312	4,321
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,100	3,997	3,859
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.74	1.70	1.64
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.49	1.46	1.40

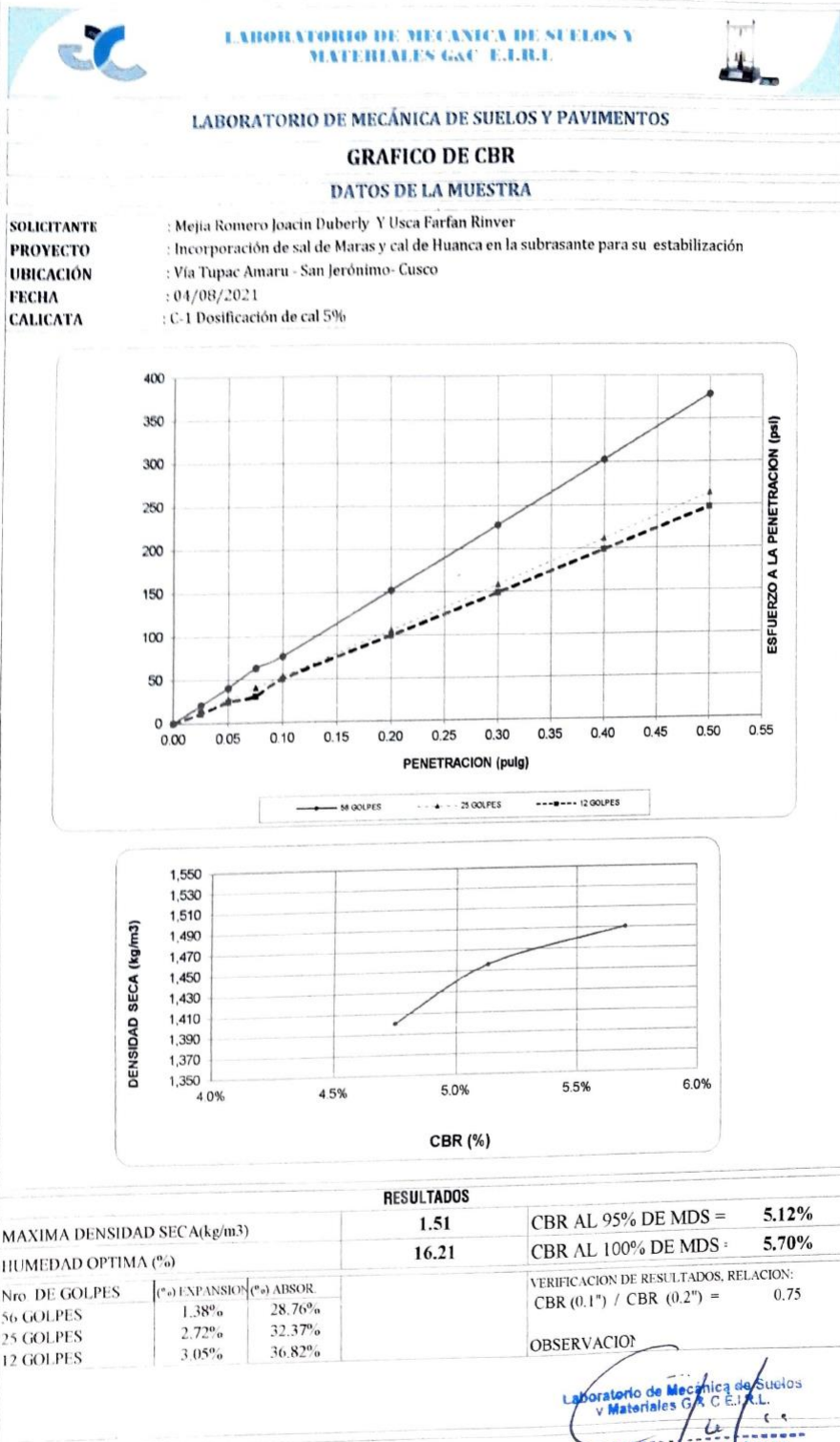
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	14.41	14.52	14.67	14.58	14.69	15.54
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	76.40	76.01	78.02	79.40	75.25	79.61
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	67.50	67.19	68.94	70.29	66.47	70.30
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31
Peso del Suelo Seco (gr)	53.09	52.67	54.27	55.71	51.78	54.76
Contenido de Humedad	16.76%	16.75%	16.73%	16.35%	16.96%	17.00%
Contenido de Humedad Promedio	16.75%	16.54%	16.98%			

DATOS DE ABSORCION			
	1	2	3
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,601	9,603	9,601
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,422	8,309	8,180
Porcentaje de Absorción	28.76%	32.37%	36.82%

ENSAYO DE EXPANSION											
			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%			
25/07/2021	13.00	24 horas	70	0.070	1.38%	135	0.135	2.66%	142	0.142	2.80%
26/07/2021	13.00	48 horas	70	0.070	1.38%	135	0.135	2.66%	143	0.143	2.82%
27/07/2021	13.00	72 horas	70	0.070	1.38%	135	0.135	2.66%	155	0.155	3.05%
28/07/2021	13.00	96 horas	70	0.070	1.38%	138	0.138	2.72%	155	0.155	3.05%

ENSAYO DE PENETRACION											
			1			2			3		
AREA PISTON	3.0	Pulg. Cuadradas	56 GOLFES			25 GOLFES			12 GOLFES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	6	62	21	5	52	17	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	12	121	40	8	82	27	7	72	24
1.5 min	1.91	0.075	19	190	63	12	121	40	9	92	31
2.0 min	2.54	0.100	23	229	76	16	161	54	15	151	50
4.0 min	5.08	0.200	46	456	152	32	318	106	30	298	99
6.0 min	7.62	0.300	69	682	227	48	476	159	45	446	149
8.0 min	10.16	0.400	92	909	303	64	633	211	60	594	198
10.0 min	12.70	0.500	115	1135	378	80	790	279	75	735	258

Ing. Alfredo Gaspar Lopez
CP 12881
RESP. LABORATORIO





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver

PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización

UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco

FECHA : 04/08/2021

CALICATA : C-1 Dosificación de cal 8%

Granulometría (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Pérdida por lavada:

Malla	Peso (gr)	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	-	-	-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	
2"	50.600	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	
1/2"	12.700	-	-	-	
3/8"	9.525	-	-	-	
1/4"	6.350	-	-	-	
No4	4.760	-	-	-	
10	2.000	-	-	-	
40	0.420	-	-	-	
100	0.149	-	-	-	
200	0.074	-	-	-	
< 200		-	-	-	
Total		-	-	-	

Límite Líquido NTP 339.128

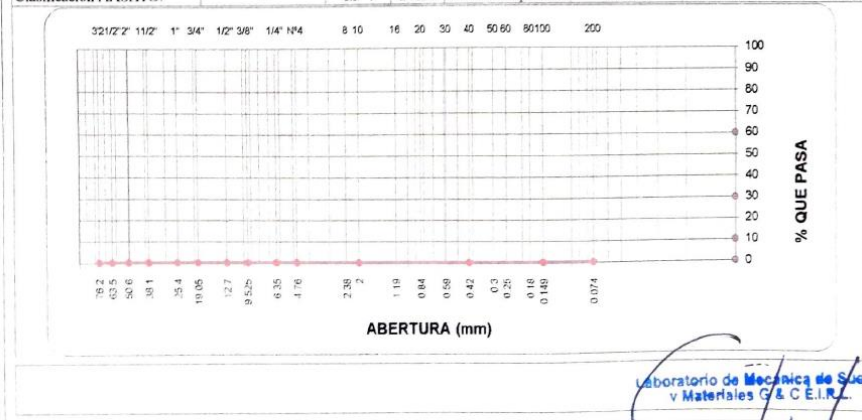
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	35	31	24	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.71	32.39	30.99	29.74
R + Suelo Seco	25.79	27.92	26.82	25.64
Peso Recip.	13.05	13.81	13.87	13.47
Peso Agua	3.92	4.47	4.17	4.10
Peso S. Seco	12.74	14.11	12.95	12.17
% de Humedad	30.77	31.68	32.20	33.69

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	16.17	16.69	16.52
R + Suelo Seco	15.05	15.55	15.31
Peso Recip.	7.78	7.73	7.36
Peso Agua	1.12	1.14	1.21
Peso S. Seco	7.27	7.82	7.95
% de Humedad	15.41	14.58	15.22



Clasificación SUCS : - L.L. : 32.17 Máx.Dens.Seca : 1.54 CBR AL 95% MDS : 6.32%
Clasificación AASHTO : - I.P. : 17.10 Humedad Óptima : 15.84 CBR AL 100% MDS : 7.51%



Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales G & C.E.I.R.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 128871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

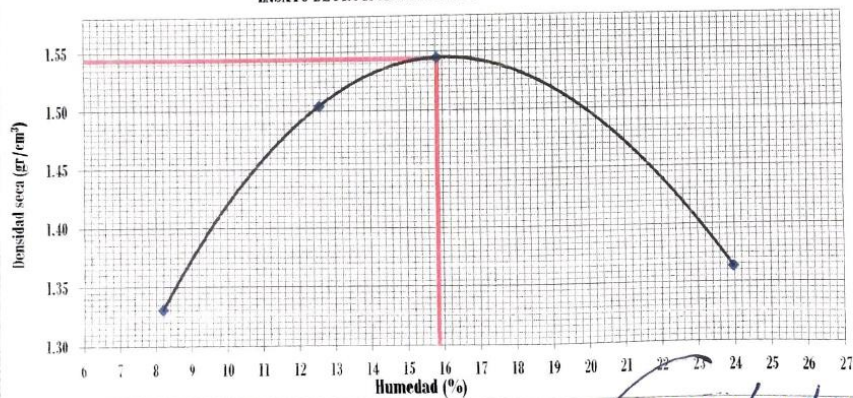
SOLICITANTE : Mejía Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Dosificación de cal 8%

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9236	9774	9977	9767
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	3053	3591	3794	3584
Volúmen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.440	1.693	1.789	1.690

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.54	20.54	20.54	20.54	20.54	20.54	20.54	20.54
Tara + suelo húmedo (gr.)	146.25	126.73	143.86	138.31	143.39	145.04	115.88	122.34
Tara + suelo seco (gr.)	136.62	118.77	130.34	124.91	126.92	127.68	98.24	101.83
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	125.71	106.19	123.32	117.77	122.85	124.50	95.34	101.80
Peso del Suelo Seco (gr.)	116.08	98.23	109.80	104.37	106.38	107.14	77.70	81.29
Peso de agua (gr.)	9.63	7.96	13.52	13.40	16.47	17.36	17.64	20.51
Humedad (%)	8.30	8.10	12.31	12.84	15.48	16.20	22.70	25.23
Promedio	8.20	12.58	15.84	23.97				
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.331	1.504	1.544	1.363				
x. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.54							
Contenido Humedad Optima (%)								15.84

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 20871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joaquín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo - Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Dosificación de cal 8%

DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.544	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Óptima	15.8%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS :

DATOS DEL MOLDE (cm.)

	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

DATOS DE COMPACTACION

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,566	8,459	8,367
Peso del Molde (gr)	4,366	4,322	4,300
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,200	4,137	4,067
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.78	1.76	1.73
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.53	1.51	1.48

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	14.69	14.80	14.95	14.86	14.97	15.82
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	77.18	76.79	78.80	80.18	76.03	80.39
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	68.28	67.97	69.72	71.07	67.25	71.08
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31
Peso del Suelo Seco (gr)	53.59	53.17	54.77	56.21	52.28	55.26
Contenido de Humedad	16.61%	16.59%	16.58%	16.21%	16.79%	16.85%
Contenido de Humedad Promedio	16.60%		16.39%			16.82%

DATOS DE ABSORCION

	1	2	3
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,578	9,566	9,512
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,566	8,459	8,367
Porcentaje de Absorción	24.10%	26.76%	28.15%

ENSAYO DE EXPANSION

			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	66	0.066	1.30%	120	0.120	2.36%	141	0.141	2.78%
26/07/2021	13.00	48 horas	66	0.066	1.30%	122	0.122	2.40%	141	0.141	2.78%
27/07/2021	13.00	72 horas	66	0.066	1.30%	122	0.122	2.40%	143	0.143	2.82%
28/07/2021	13.00	96 horas	67	0.067	1.32%	122	0.122	2.40%	143	0.143	2.82%

ENSAYO DE PENETRACION

			1			2			3		
AREA PISTON			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI						
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	6	62	21	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	14	141	47	11	111	37	9	92	31
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	17	170	57	14	141	47
2.0 min	2.54	0.100	27	269	90	23	229	76	22	220	73
4.0 min	5.08	0.200	54	535	178	46	456	152	44	436	145
6.0 min	7.62	0.300	81	800	267	69	682	227	66	653	218
8.0 min	10.16	0.400	108	1066	355	92	909	303	88	869	290
10.0 min	12.70	0.500	135	1332	444	115					362

Ing. Alfredo Georger Apaza
C.V. 120823
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES G.A.C.E.I.R.U.

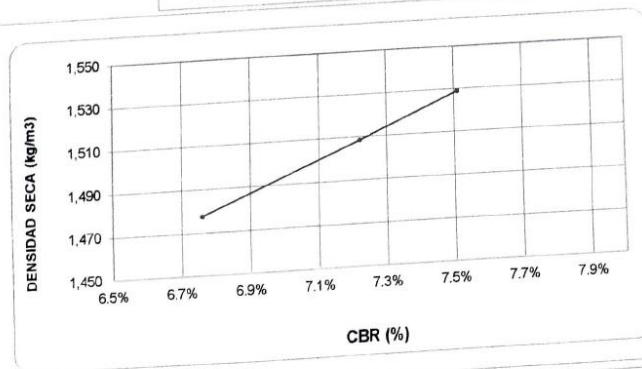
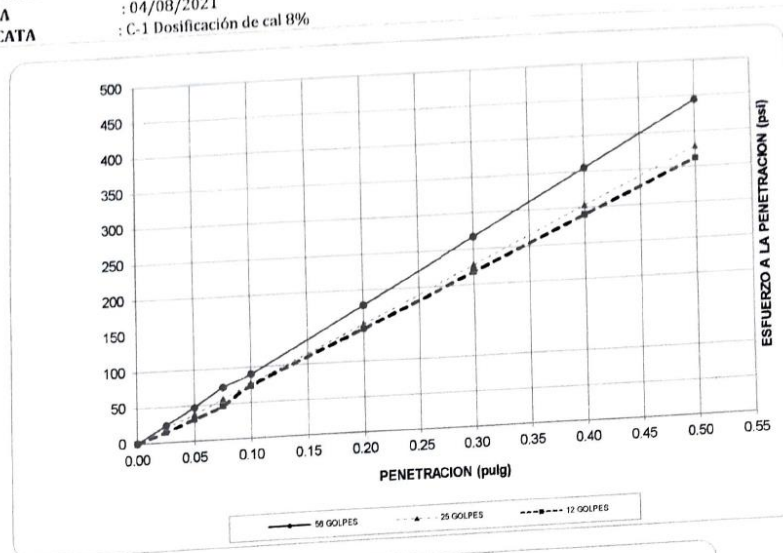


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE
PROYECTO
UBICACIÓN
FECHA
CALICATA

: Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
: Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
: Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
: 04/08/2021
: C-1 Dosificación de cal 8%



RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)		1.54	CBR AL 95% DE MDS = 6.32%
HUMEDAD OPTIMA (%)		15.84	CBR AL 100% DE MDS = 7.51%
VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:			OBSERVACION:
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	
56 GOLPES	1.32%	24.10%	
25 GOLPES	2.40%	26.76%	
12 GOLPES	2.82%	28.15%	

Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales G.A.C.E.I.R.U.

Ing. Alfredo Gaspar Acosta
CIP 12427
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

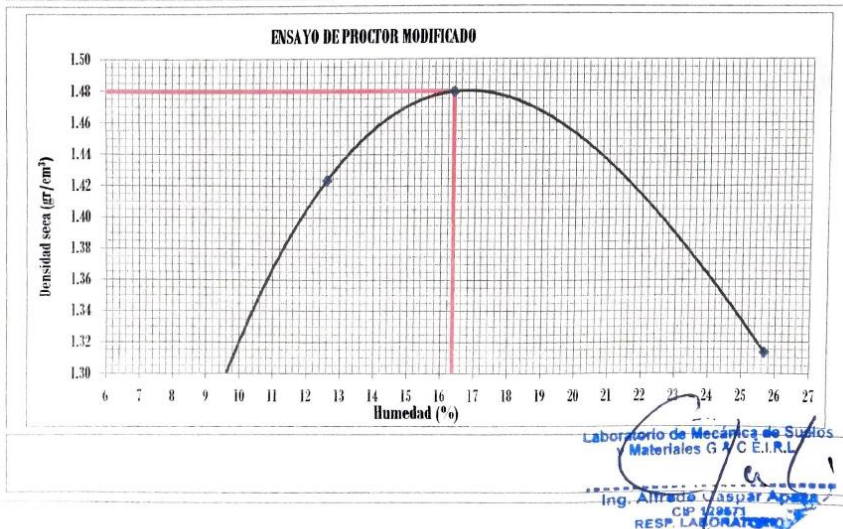
PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfán Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Dosificación al 2% CAL

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	8982	9583	9834	9683
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2799	3400	3651	3500
Volúmen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.320	1.603	1.722	1.651

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36
Tara + suelo húmedo (gr.)	146.24	126.72	143.85	138.30	143.38	145.03	115.87	122.33
Tara + suelo seco (gr.)	136.61	118.56	130.53	124.60	125.71	127.87	96.43	101.42
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	125.88	106.36	123.49	117.94	123.02	124.67	95.51	101.97
Peso del Suelo Seco (gr.)	116.25	98.20	110.17	104.24	105.35	107.51	76.07	81.06
Peso de agua (gr.)	9.63	8.16	13.32	13.70	17.67	17.16	19.44	20.91
Humedad (%)	8.28	8.31	12.09	13.14	16.77	15.96	25.56	25.80
Promedio	8.30		12.62		16.37		25.68	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.219		1.424		1.480		1.313	
x. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.48				Contenido Humedad Optima (%)		16.37	





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Dosisificación al 2% CAL

DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.480	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	16.4%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS :

DATOS DEL MOLDE (cm.)

	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.91	12.91	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2358.1	2358.1	2356.2

	MOLDE Nº 20	MOLDE Nº 21	MOLDE Nº 22
DATOS DE COMPACTACION	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,322	8,238	7,955
Peso del Molde (gr)	4,322	4,312	4,321
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,000	3,926	3,634
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.70	1.66	1.54
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.45	1.42	1.31

	1	2	3	4	5	6
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del Tarro (gr)	15.16	15.27	15.42	15.33	15.44	16.29
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	77.15	76.76	78.77	80.15	76.00	80.36
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	67.97	67.66	69.41	70.76	66.94	70.77
Peso del Agua (gr)	9.18	9.10	9.36	9.39	9.06	9.59
Peso del Suelo Seco (gr)	52.81	52.39	53.99	55.43	51.50	54.48
Contenido de Humedad	17.38%	17.37%	17.34%	16.94%	17.59%	17.60%
Contenido de Humedad Promedio	17.38%		17.14%			17.60%

	1	2	3
DATOS DE ABSORCION			
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,655	9,771	9,668
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,322	8,238	7,955
Porcentaje de Absorción	33.33%	39.05%	47.14%

ENSAYO DE EXPANSION

			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	65	0.065	1.28%	112	0.112	2.20%	155	0.155	3.05%
26/07/2021	13.00	48 horas	65	0.065	1.28%	143	0.143	2.81%	166	0.166	3.27%
27/07/2021	13.00	72 horas	65	0.065	1.28%	154	0.154	3.03%	178	0.178	3.50%
28/07/2021	13.00	96 horas	65	0.065	1.28%	154	0.154	3.03%	178	0.178	3.50%

ENSAYO DE PENETRACION

			1			2			3		
AREA PISTON			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION										
	(mm)	(pulg)	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
			mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	6	62	21	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	11	111	37	7	72	24	6	62	21
1.5 min	1.91	0.075	16	161	54	9	92	31	8	82	27
2.0 min	2.54	0.100	22	220	73	13	131	44	9	92	31
4.0 min	5.08	0.200	44	436	145	26	259	86	18	180	60
6.0 min	7.62	0.300	66	653	218	39	387	129	27	269	90
8.0 min	10.16	0.400	88	869	290	52	515	172	36	357	119
10.0 min	12.70	0.500	110	1086	362	65	643	214	45	446	149

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos G&C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 120871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES G&C E.I.R.L.

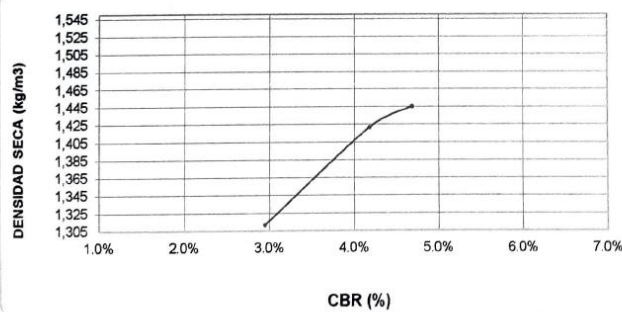
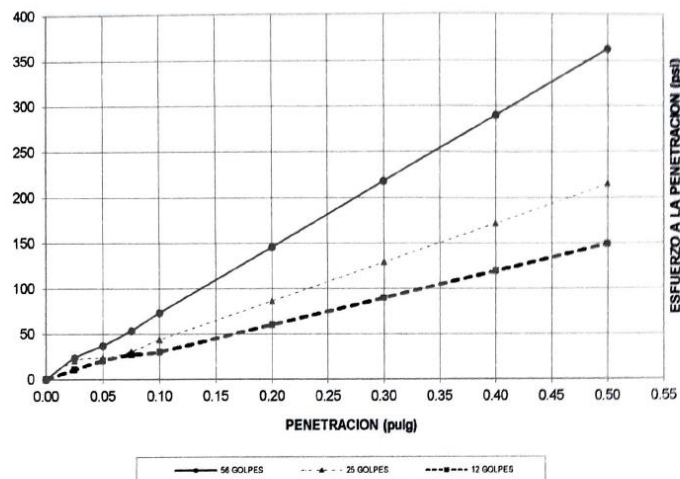


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Dosificación al 2% CAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.48	CBR AL 95% DE MDS =	4.43%
HUMEDAD OPTIMA (%)	16.37	CBR AL 100% DE MDS =	4.69%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLFES	1.28%	33.33%	CBR (0.1") / CBR (0.2") =
25 GOLFES	3.03%	39.05%	0.75
12 GOLFES	3.50%	47.14%	OBSERVACION:

Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales G & C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apeza
CP 120471
RESP. LABORATORIO



GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver

PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización

UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco

FECHA : 04/08/2021

CALICATA : C-2 Dosificación al 5% CAL

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Perdida por lavada:

Malla		Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.					
3"	76.200				-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	-	
2"	50.600	-	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	-	
1/2"	12.700	-	-	-	-	
3/8"	9.525	-	-	-	-	
1/4"	6.350	-	-	-	-	
No4	4.760	-	-	-	-	
10	2.000	-	-	-	-	
40	0.420	-	-	-	-	
100	0.149	-	-	-	-	
200	0.074	-	-	-	-	
< 200		-	-	-	-	
Total		-	-	-	-	

Límite Líquido NTP 339.128

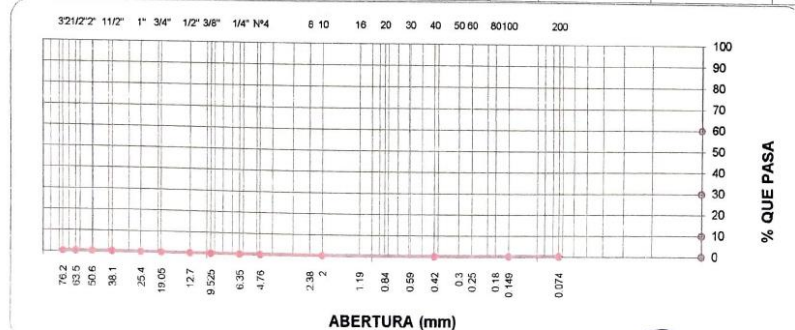
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	37	31	27	14
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.97	31.65	30.25	29.00
R + Suelo Seco	25.05	27.18	26.08	25.00
Peso Recip.	12.75	13.51	13.57	13.17
Peso Agua	3.92	4.47	4.17	4.00
Peso S. Humed	12.30	13.67	12.51	11.83
% de Humedad	31.87	32.70	33.33	33.81

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	
Recipiente N°	a	b	c	
R + Suelo Hum.	15.21	15.73	15.56	
R + Suelo Seco	14.33	14.79	14.59	
Peso Recip.	8.74	8.69	8.32	
Peso Agua	0.88	0.94	0.97	
Peso S. Seco	5.59	6.10	6.27	
% de Humedad	15.74	15.43	15.47	15.55



Clasificación SUCS :	-	L.L.:	33.10	Máx.Dens.Seca :	1.51	CBR AL 95% MDS	5.61%
Clasificación AASHTO:	-	I.P.:	17.55	Humedad Óptima:	16.19	CBR AL 100% MDS	6.10%



Laboratorio de Mecánica de Sólidos
Materiales G.A.E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apea
CIP 129671
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Dosificación al 5% CAL

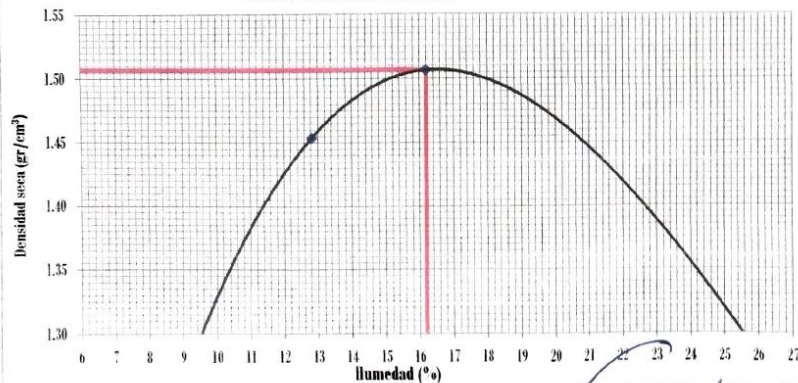
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9005	9661	9895	9610
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2822	3478	3712	3427
Volumen del molde (cm³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.331	1.640	1.751	1.616

Humedad (%)



Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18
Tara + suelo húmedo (gr.)	146.09	126.57	143.70	138.15	143.23	144.88	115.72	122.18
Tara + suelo seco (gr.)	136.26	118.21	130.18	124.25	126.06	127.52	96.08	101.07
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	125.91	106.39	123.52	117.97	123.05	124.70	95.54	102.00
Peso del Suelo Seco (gr.)	116.08	98.03	110.00	104.07	105.88	107.34	75.90	80.89
Peso de agua (gr.)	9.83	8.36	13.52	13.90	17.17	17.36	19.64	21.11
Humedad (%)	8.47	8.53	12.29	13.36	16.22	16.17	25.88	26.10
Promedio	8.50		12.82		16.19		25.99	
Densidad Seca (gr/cm³)	1.227		1.454		1.507		1.283	

x. Densidad Seca (gr/cm³)	1.51	Contenido Humedad Optima (%)	16.19
---------------------------	------	------------------------------	-------

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
C# 126571
RESP. LABORATORIO


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
GAC E.I.R.L.


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	Mejía Romero Joacín Duherly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO	Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN	Vía Tupac Amaru - San Jerónimo - Cusco
FECHA	04/08/2021
CALICATA	C-1 Dosificación al 5% CAL

DATOS GENERALES	
Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.507
Humedad Optima	16.2%
Humedad Natural	

DATOS DEL MOLDE (cm.)	
Nro. De Golpes	56 GOLPES
Altura	12.90
Diámetro	15.25
Volumen	2356.2

DATOS DE COMPACTACION	
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.408
Peso del Molde (gr)	4.322
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.086
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.73
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.48

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso del Tarro (gr)	14.89
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	76.88
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	67.71
Peso del Agua (gr)	9.17
Peso del Suelo Seco (gr)	52.82
Contenido de Humedad	17.36%
Contenido de Humedad Promedio	17.35%

DATOS DE ABSORCION	
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9.661
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.408
Porcentaje de Absorción	30.67%

ENSAYO DE EXPANSION	
CTE. DIAL EXPANSION	0.001
FECHA	24/07/2021
HORA	13.00
TIEMPO TRANSC	00 horas
Dial	0
Pulg	0.000
% Exp.	0.00%
Dial	77
Pulg	0.077
% Exp.	1.52%
Dial	140
Pulg	0.140
% Exp.	2.76%
Dial	144
Pulg	0.144
% Exp.	2.84%
Dial	148
Pulg	0.148
% Exp.	2.91%
Dial	156
Pulg	0.156
% Exp.	3.07%
Dial	156
Pulg	0.156
% Exp.	3.07%

ENSAYO DE PENETRACION	
AREA PISTON	3.0
TIEMPO	0.5 min
PENETRACION	0.64
(mm)	0.025
(pulg)	0.050
Dial	6
Carga	62
Esfuer	21
Dial	5
Carga	52
Esfuer	17
Dial	3
Carga	33
Esfuer	11
Dial	12
Carga	121
Esfuer	40
Dial	8
Carga	82
Esfuer	27
Dial	7
Carga	72
Esfuer	24
Dial	19
Carga	190
Esfuer	63
Dial	12
Carga	121
Esfuer	40
Dial	9
Carga	92
Esfuer	31
Dial	24
Carga	239
Esfuer	80
Dial	18
Carga	180
Esfuer	60
Dial	16
Carga	161
Esfuer	54
Dial	48
Carga	476
Esfuer	159
Dial	36
Carga	357
Esfuer	119
Dial	32
Carga	318
Esfuer	106
Dial	72
Carga	712
Esfuer	237
Dial	54
Carga	535
Esfuer	178
Dial	48
Carga	476
Esfuer	159
Dial	96
Carga	948
Esfuer	316
Dial	72
Carga	712
Esfuer	237
Dial	120
Carga	1184
Esfuer	395
Dial	90
Carga	889
Esfuer	296
Dial	80
Carga	790
Esfuer	263

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales GAC E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 169571
RESP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES G&C E.I.R.L.

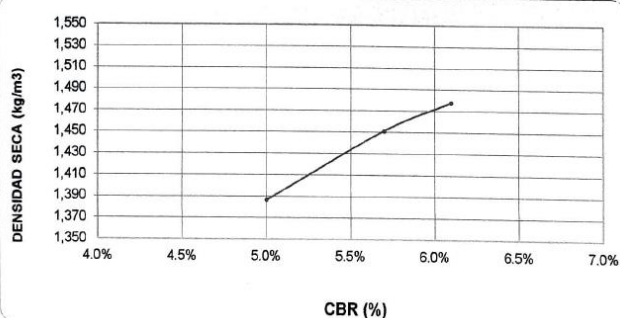
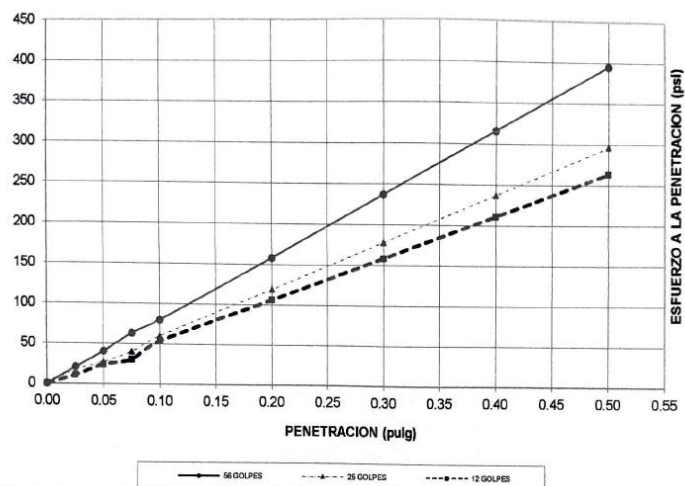


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-1 Dosificación al 5% CAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.51	CBR AL 95% DE MDS =	5.61%
HUMEDAD OPTIMA (%)	16.19	CBR AL 100% DE MDS =	6.10%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR	
56 GOLFES	1.56%	30.67%	
25 GOLFES	2.80%	35.66%	
12 GOLFES	3.07%	42.71%	

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
 $CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75$

OBSERVACION

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CP 528571
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver

PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización

UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco

FECHA : 04/08/2021

CALICATA : C-2 Dosificación al 8% CAL

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Pérdida por lavada:

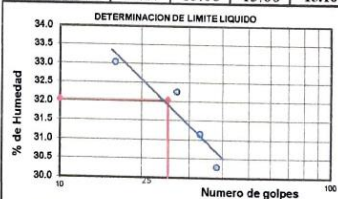
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.				
3"	76.200	-	-	-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	
2"	50.800	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	
1/2"	12.700	-	-	-	
3/8"	9.525	-	-	-	
1/4"	6.350	-	-	-	
No4	4.760	-	-	-	
10	2.000	-	-	-	
40	0.420	-	-	-	
100	0.149	-	-	-	
200	0.074	-	-	-	
< 200	-	-	-	-	
Total	-	-	-	-	

Límite Líquido NTP 339.128

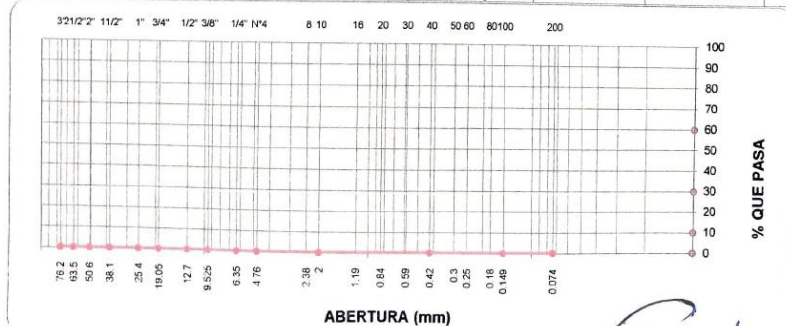
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	38	33	27	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.06	30.74	29.34	28.09
R + Suelo Seco	24.66	26.81	25.66	24.55
Peso Recip.	13.43	14.19	14.25	13.85
Peso Agua	3.40	3.93	3.68	3.54
Peso S. Seco	11.23	12.62	11.41	10.70
% de Humedad	30.28	31.14	32.25	33.03

Límite Plástico NTP 339.128



Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	16.78	16.87	17.02
R + Suelo Seco	15.61	15.65	15.83
Peso Recip.	7.88	7.56	7.93
Peso Agua	1.17	1.22	1.19
Peso S. Seco	7.73	8.09	7.90
% de Humedad	15.17	15.08	15.06



Clasificación SUCS : - LL : **32.05** Máx.Dens.Seca : **1.55** CBR AL 95% MDS : **6.43%**
Clasificación AASHTO : - I.P : **16.95** Humedad Optima : **15.84** CBR AL 100% MDS : **7.64%**



Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales G. C. E. I. R. L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 129571
RESP. LABORATORIO


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.**


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

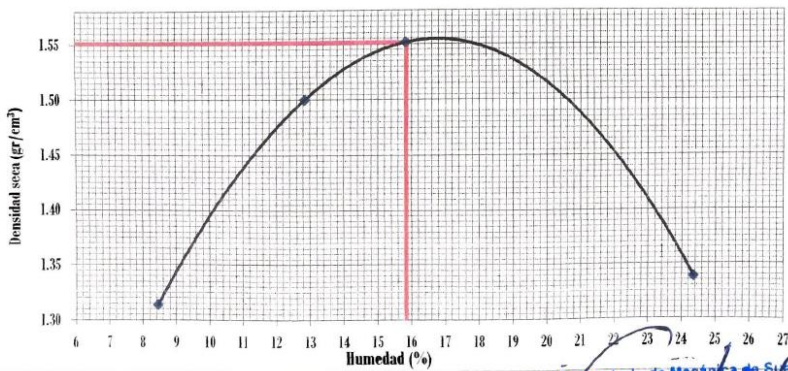
SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Dosificación al 8% CAL

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9204	9772	9993	9712
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	3021	3589	3810	3529
Volúmen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.425	1.693	1.797	1.664

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.27	19.27	19.27	19.27	19.27	19.27	19.27	19.27
Tara + suelo húmedo (gr.)	144.98	125.46	142.59	137.04	142.12	143.77	114.61	121.07
Tara + suelo seco (gr.)	135.10	117.25	128.82	123.39	125.40	126.69	96.72	100.31
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	125.71	106.19	123.32	117.77	122.85	124.50	95.34	101.80
Peso del Suelo Seco (gr.)	115.83	97.98	109.55	104.12	106.13	107.42	77.45	81.04
Peso de agua (gr.)	9.88	8.21	13.77	13.65	16.72	17.08	17.89	20.76
Humedad (%)	8.53	8.38	12.57	13.11	15.75	15.90	23.10	25.62
Promedio	8.45		12.84		15.83		24.36	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.314		1.500		1.551		1.338	

x. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.55	Contenido Humedad Optima (%)	15.84
--	------	------------------------------	-------

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Materiales G & C E.I.R.L.
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza
 CIP 328571
 RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO: Incorporación de sal de Matas y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN: Vía Tupac Amaru - San Jerónimo - Cusco
FECHA: 04/08/2021
CALICATA: C-2 Dosisación al 8% CAL.

DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.551		Peso del martillo		10 lbs		Clas. Suelos				
Humedad Optima	15.8%		Altura del martillo		18 pulg		AASHTO				
Humedad Natural			Número de Cupas		5 cupas		SUCS				
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
	1		2		3						
Nro. De Golpes	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES						
Altura	12.90		12.90		12.90						
Diámetro	15.25		15.25		15.25						
Volumen	2356.2		2356.2		2356.2						
	MOLDE N° 20		MOLDE N° 21		MOLDE N° 22						
DATOS DE COMPACTACION											
	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES						
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,533		8,309		8,155						
Peso del Molde (gr)	4,354		4,312		4,309						
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,179		3,997		3,846						
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.77		1.70		1.63						
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.53		1.46		1.40						
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	15.78	15.89	16.04	15.95	16.06	16.91					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	78.27	77.88	79.89	81.27	77.12	81.48					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	69.64	69.33	71.08	72.43	68.61	72.44					
Peso del Agua (gr)	8.63	8.55	8.81	8.84	8.51	9.04					
Peso del Suelo Seco (gr)	53.86	53.44	55.04	56.48	52.55	55.53					
Contenido de Humedad	16.02%	16.00%	16.01%	15.65%	16.19%	16.28%					
Contenido de Humedad Promedio	16.01%		15.83%		16.24%						
DATOS DE ABSORCION											
	1		2		3						
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,609		9,623		9,677						
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,533		8,309		8,155						
Porcentaje de Absorción	25.75%		32.87%		39.57%						
ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1		2		3				
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	60	0.060	1.18%	112	0.112	2.21%	120	0.120	2.36%
26/07/2021	13.00	48 horas	60	0.060	1.18%	112	0.112	2.21%	125	0.125	2.46%
27/07/2021	13.00	72 horas	60	0.060	1.18%	118	0.118	2.32%	125	0.125	2.46%
28/07/2021	13.00	96 horas	60	0.060	1.18%	118	0.118	2.32%	125	0.125	2.46%
ENSAYO DE PENETRACION											
AREA PISTON			1		2		3				
3.0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	7	72	24	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	15	151	50	11	111	37	6	62	21
1.5 min	1.91	0.075	23	229	76	18	180	60	9	92	31
2.0 min	2.54	0.100	30	298	99	22	220	73	12	121	40
4.0 min	5.08	0.200	60	594	198	44	436	145	24	239	80
6.0 min	7.62	0.300	90	889	296	66	653	218	36	357	119
8.0 min	10.16	0.400	120	1184	395	88	869	290	48	476	159
10.0 min	12.70	0.500	150	1479	493	110	1086	360	60	591	198

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos G.C.E.R.L.
Ing. Alfredo Caspar Apaza
CP 11927
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GAC E.I.R.L.

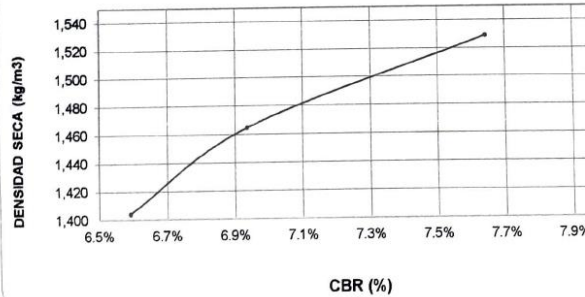
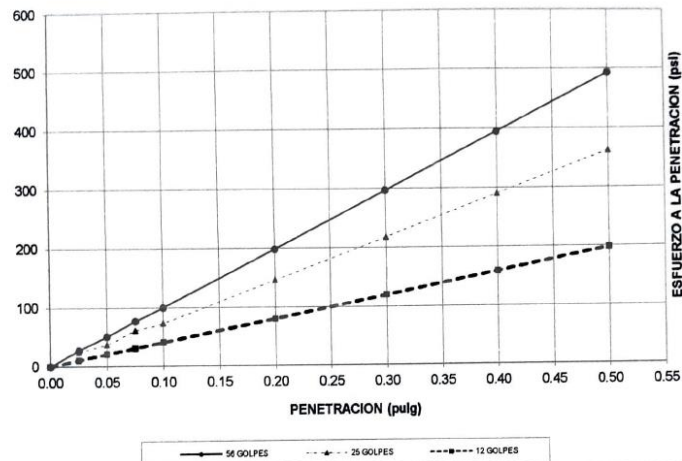


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 Dosificación al 8% CAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m³)	1.55	CBR AL 95% DE MDS =	6.43%
HUMEDAD OPTIMA (%)	15.84	CBR AL 100% DE MDS =	7.64%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75 OBSERVACION
56 GOLFES	1.18%	25.75%	
25 GOLFES	2.32%	32.87%	
12 GOLFES	2.46%	39.57%	

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales GAC E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 128671
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 3% SAL

Granulometria (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Pérdida por lavada:

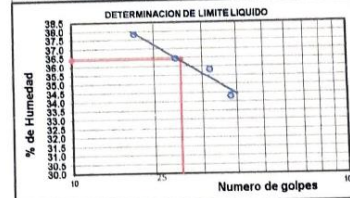
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	-	-	-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	
2"	50.600	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	
1/2"	12.700	-	-	-	
3/8"	9.525	-	-	-	
1/4"	6.350	-	-	-	
No4	4.760	-	-	-	
10	2.000	-	-	-	
40	0.420	-	-	-	
100	0.149	-	-	-	
200	0.074	-	-	-	
< 200	-	-	-	-	
Total	-	-	-	-	

Límite Líquido NTP 339.128

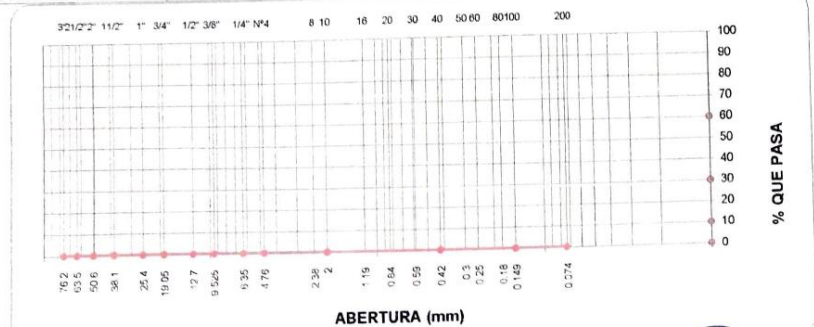
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	38	32	24	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.08	30.76	29.36	28.11
R + Suelo Seco	24.14	26.07	25.01	23.97
Peso Recip.	12.65	12.97	13.07	13.02
Peso Agua	3.94	4.69	4.35	4.14
Peso S. Seco	11.49	13.10	11.94	10.95
% de Humedad	34.29	35.80	36.43	37.81

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.98	14.09	14.23
R + Suelo Seco	13.19	13.27	13.41
Peso Recip.	8.12	8.09	8.24
Peso Agua	0.79	0.82	0.82
Peso S. Seco	5.07	5.18	5.17
% de Humedad	15.58	15.83	15.86
			15.76



Clasificación SUCS : - L.L. : 36.39 Máx.Dens.Seco : 1.48 CBR AL 95% MDS : 4.6%
Clasificación AASHTO : - I.P. : 20.63 Humedad Optima : 17.01 CBR AL 100% MDS : 4.8%



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & S P. R. L.
Ing. Alfredo Vasquez Apaza
CIP 12821
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

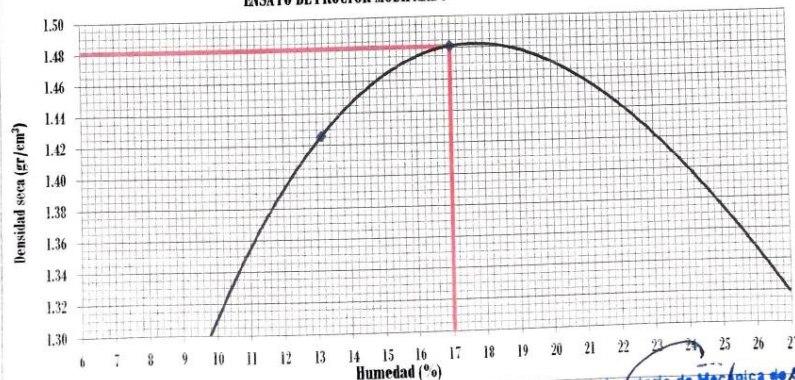
SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 3% SAL

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9032	9604	9858	9712
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2849	3421	3675	3529
Volumen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.344	1.613	1.733	1.664

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	18.11	18.21	18.34	17.98	17.47	18.09	19.12	17.75
Tara + suelo húmedo (gr.)	139.19	119.67	136.80	131.25	136.33	137.98	108.82	115.28
Tara + suelo seco (gr.)	129.62	111.57	123.54	117.61	118.72	120.88	89.44	94.43
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	121.08	101.46	118.46	113.27	118.86	119.89	89.70	97.53
Peso del Suelo Seco (gr.)	111.51	93.36	105.20	99.63	101.25	102.79	70.32	76.68
Peso de agua (gr.)	9.57	8.10	13.26	13.64	17.61	17.10	19.38	20.85
Humedad (%)	8.58	8.68	12.60	13.69	17.39	16.64	27.56	27.19
Promedio	8.63		13.15		17.01		27.38	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.237		1.426		1.481		1.307	
x. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.48				Contenido Humedad Optima (%)		17.01	

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
C# 129871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	Mejía Romero Joacín Duherly Y Usca Farfan River
PROYECTO	Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN	Vía Tupac Amaru - San Jerónimo - Cusco
FECHA	04/08/2021
CALICATA	C-2 dosificación al 3% %AL

DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.481		Peso del martillo		10 lbs		Clas. Suelos				
Humedad Optima	17.0%		Altura del martillo		18 pulg		AASHTO				
Humedad Natural			Número de Capas		5 capas		NCH				
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
Nro. De Golpes	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES						
Altura	12.96		12.96		12.96						
Diámetro	15.24		15.25		15.25						
Volumen	2353.2		2356.2		2356.2						
	MOLDE Nº 20		MOLDE Nº 21		MOLDE Nº 22						
DATOS DE COMPACTACION											
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,379		8,211		8,048						
Peso del Molde (gr)	4,309		4,300		4,311						
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,070		3,911		3,737						
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.73		1.66		1.59						
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.48		1.42		1.36						
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	13.18	13.29	13.44	13.35	13.46	14.31					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	75.30	74.91	76.92	78.30	74.15	78.51					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	66.40	66.09	67.84	69.19	65.37	69.20					
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31					
Peso del Suelo Seco (gr)	53.22	52.80	54.40	55.84	51.91	54.89					
Contenido de Humedad	16.72%	16.70%	16.69%	16.31%	16.91%	16.96%					
Contenido de Humedad Promedio	16.71%		16.50%		16.94%						
DATOS DE ABSORCION											
	1	2	3								
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,611	9,821	9,722								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,379	8,211	8,048								
Porcentaje de Absorción	30.27%	41.17%	44.80%								
ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL. EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	89	0.089	1.75%	178	0.178	3.50%	190	0.190	3.74%
26/07/2021	13.00	48 horas	90	0.090	1.77%	178	0.178	3.50%	190	0.190	3.74%
27/07/2021	13.00	72 horas	98	0.098	1.93%	180	0.180	3.54%	222	0.222	4.37%
28/07/2021	13.00	96 horas	98	0.098	1.93%	189	0.189	3.72%	225	0.225	4.43%
ENSAYO DE PENETRACION											
AREA PISTON			3.0	Pulg. Cuadradas	56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg.)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	6	62	21	3	33	11	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	9	92	31	5	52	17	6	62	21
1.5 min	1.91	0.075	14	141	47	7	72	24	9	92	31
2.0 min	2.54	0.100	18	180	60	14	141	47	13	131	44
4.0 min	5.08	0.200	36	357	119	28	279	93	26	259	86
6.0 min	7.62	0.300	54	535	178	42	416	139	39	387	129
8.0 min	10.16	0.400	72	712	237	56	554	185	52	515	172
10.0 min	12.70	0.500	90	889	296	70	692	231	65	646	214

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos G.M. E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 128571
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES G&C E.I.R.L.

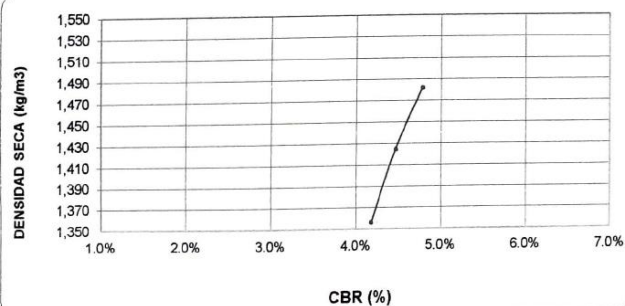
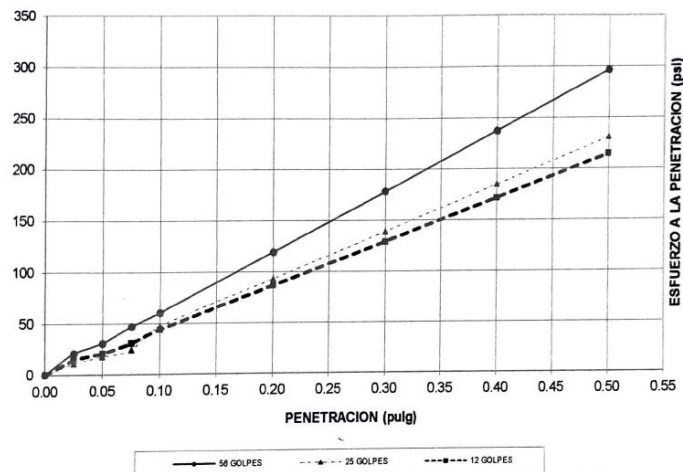


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 3% SAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.48	CBR AL 95% DE MDS = 4.6%
HUMEDAD OPTIMA (%)	17.01	CBR AL 100% DE MDS : 4.8%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES	1.93%	30.27%
25 GOLPES	3.72%	41.17%
12 GOLPES	4.43%	44.80%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
 $CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.76$

OBSERVACION

Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales G & C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CP 10851
RES. L. 10-2017



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 5% SAL

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Perdida por lavada:

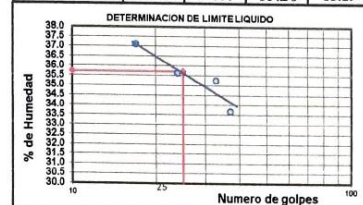
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	-	-	-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	
2"	50.600	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	
1/2"	12.700	-	-	-	
3/8"	9.525	-	-	-	
1/4"	6.350	-	-	-	
No4	4.760	-	-	-	
10	2.000	-	-	-	
40	0.420	-	-	-	
100	0.149	-	-	-	
200	0.074	-	-	-	
< 200	-	-	-	-	
Total	-	-	-	-	

Límite Líquido NTP 339.128

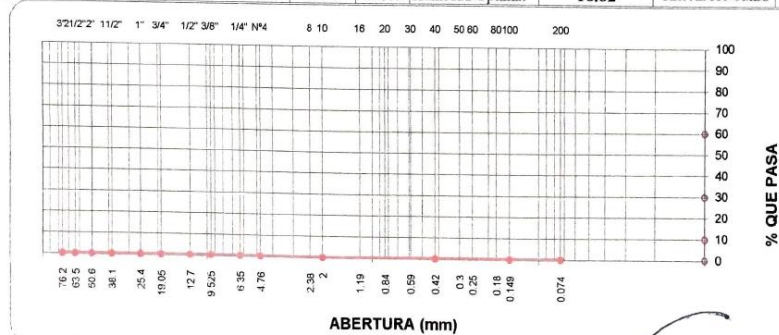
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	37	33	24	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	31.52	34.20	32.80	31.55
R + Suelo Seco	26.78	28.68	27.63	26.55
Peso Recip.	12.70	13.02	13.12	13.07
Peso Agua	4.74	5.52	5.17	5.00
Peso S. Seco	14.08	15.66	14.51	13.48
% de Humedad	33.66	35.25	35.63	37.09

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.	14.70	14.61	14.55	
R + Suelo Seco	13.79	13.71	13.63	
Peso Recip.	7.95	7.72	7.60	
Peso Agua	0.91	0.90	0.92	
Peso S. Seco	5.84	5.99	6.03	
% de Humedad	15.58	15.03	15.26	15.29



Clasificación SUCS : - L.L : 35.72 Máx.Dens.Seca : 1.49 CBR AL 95% MDS 4.93%
Clasificación AASHTO : - LP : 20.43 Humedad Optima : 16.62 CBR AL 100% MDS 4.97%



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G.A.C.E.I.N.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 128871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 5% SAL

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	9143	9655	9868	9612
Peso molde (gr.)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr.)	2960	3472	3685	3429
Volumen del molde (cm³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.396	1.637	1.738	1.617

Humedad (%)

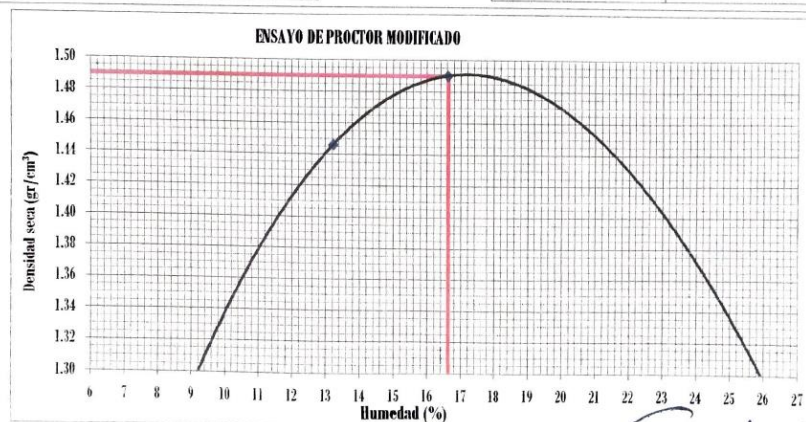
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.53	14.09	14.56	15.32	15.98	16.34	14.66	14.87
Tara + suelo húmedo (gr.)	141.75	122.23	139.36	133.81	138.89	140.54	111.38	117.84
Tara + suelo seco (gr.)	131.43	113.38	125.35	119.42	121.53	122.69	91.25	96.24
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	127.22	108.14	124.80	118.49	122.91	124.20	96.72	102.97
Peso del Suelo Seco (gr.)	116.90	99.29	110.79	104.10	105.55	106.35	76.59	81.37
Peso de agua (gr.)	10.32	8.85	14.01	14.39	17.36	17.85	20.13	21.60
Humedad (%)	8.83	8.91	12.65	13.82	16.45	16.78	26.28	26.55
Promedio	8.87		13.23		16.62		26.41	
Densidad Seca (gr/cm³)	1.282		1.446		1.490		1.279	

x Densidad Seca (gr/cm³)

1.49

Contenido Humedad
Optima (%)

16.62



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L.
Ing. Alfredo Usca Farfan Apaza
CP 10001
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 5% SAL

DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m³)	1.490	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:							
Humedad Optima	16.6%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:							
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS :							
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
	1	2	3								
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Altura	12.90	12.90	12.90								
Diámetro	15.24	15.25	15.25								
Volumen	2353.2	2356.2	2356.2								
	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
DATOS DE COMPACTACION											
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,382	8,226	8,090								
Peso del Molde (gr)	4,303	4,300	4,309								
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,079	3,926	3,781								
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.73	1.67	1.60								
Densidad Seca (gr/cm3)	1.50	1.44	1.38								
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	18.20	18.31	18.46	18.37	18.48	19.33					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	83.44	83.05	85.06	86.44	82.29	86.65					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	74.54	74.23	75.98	77.33	73.51	77.34					
Peso del Agua (gr)	8.90	8.82	9.08	9.11	8.78	9.31					
Peso del Suelo Seco (gr)	56.34	55.92	57.52	58.96	55.03	58.01					
Contenido de Humedad	15.80%	15.77%	15.79%	15.45%	15.95%	16.05%					
Contenido de Humedad Promedio	15.78%	15.62%		16.00%							
DATOS DE ABSORCION											
	1	2	3								
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	9,512	9,766	9,752								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,382	8,226	8,090								
Porcentaje de Absorción	27.70%	39.23%	43.96%								
ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1			2	3				
0.001											
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	87	0.087	1.71%	145	0.145	2.86%	188	0.188	3.70%
26/07/2021	13.00	48 horas	87	0.087	1.71%	145	0.145	2.86%	188	0.188	3.70%
27/07/2021	13.00	72 horas	87	0.087	1.71%	145	0.145	2.86%	188	0.188	3.70%
28/07/2021	13.00	96 horas	87	0.087	1.71%	145	0.145	2.86%	188	0.188	3.70%
ENSAYO DE PENETRACION											
			1			2			3		
			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
AREA PISTON	3.0	Pulg Cuadradas	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
TIEMPO											
	(mm)	(pulg)	mm	lb	PSI	lb	PSI	lb	PSI	lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	5	52	17	4	42	14	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	10	102	34	8	82	27	6	62	21
1.5 min	1.91	0.075	14	141	47	10	102	34	9	92	31
2.0 min	2.54	0.100	19	190	63	15	151	50	13	131	44
4.0 min	5.08	0.200	38	377	126	30	298	99	26	259	86
6.0 min	7.62	0.300	57	564	188	45	446	149	39	387	129
8.0 min	10.16	0.400	76	751	250	60	594	198	52	515	172
10.0 min	12.70	0.500	95	938	313	75	741	226	65	643	214

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales S.C. de C.V.

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.
Ing. Alredo Gaspar Apaza
C.R. 120871



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GAC E.I.R.L.

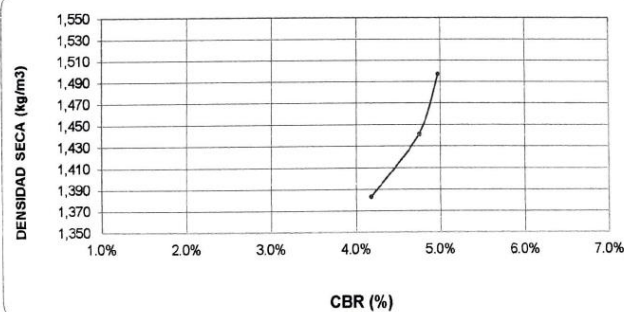
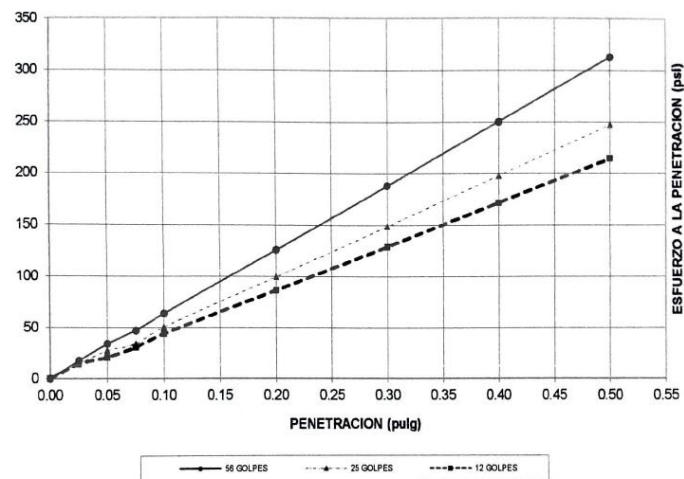


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 5% SAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.49	CBR AL 95% DE MDS =	4.93%
HUMEDAD OPTIMA (%)	16.62	CBR AL 100% DE MDS =	4.97%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLFES	1.71%	27.70%	CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
25 GOLFES	2.86%	39.23%	OBSERVACION
12 GOLFES	3.70%	43.96%	

Laboratorio de Mecánica de Suelos
y Materiales GAC E.I.R.L.
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 12871
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejia Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 8% SAL

Granulometría (NTP 339.127)

Datos de ensayo

Peso Total :
Peso de muestra lavada:
Pérdida por lavada:

Malla		Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz	mm.					
3"	76.200	-	-	-	-	
2 1/2"	63.500	-	-	-	-	
2"	50.600	-	-	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	
1"	25.400	-	-	-	-	
3/4"	19.050	-	-	-	-	
1/2"	12.700	-	-	-	-	
3/8"	9.525	-	-	-	-	
1/4"	6.350	-	-	-	-	
No4	4.760	-	-	-	-	
10	2.000	-	-	-	-	
40	0.420	-	-	-	-	
100	0.149	-	-	-	-	
200	0.074	-	-	-	-	
< 200	-	-	-	-	-	
Total	-	-	-	-	-	

Límite Líquido NTP 339.128

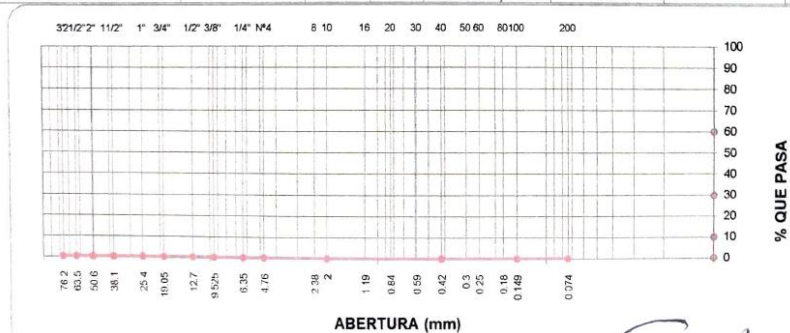
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	38	33	25	17
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	29.11	31.79	30.39	29.14
R + Suelo Seco	24.47	26.43	25.38	24.35
Peso Recip.	10.81	11.13	11.23	11.18
Peso Agua	4.64	5.36	5.01	4.79
Peso S. Seco	13.66	15.30	14.15	13.17
% de Humedad	33.97	35.03	35.41	36.37

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.	14.60	14.91	14.53	
R + Suelo Seco	13.46	13.72	13.35	
Peso Recip.	6.06	5.83	5.71	
Peso Agua	1.14	1.19	1.18	
Peso S. Seco	7.40	7.89	7.64	
% de Humedad	15.41	15.08	15.45	15.31



Clasificación SUCS : - L.L : 35.59 Máx Dens Seca : 1.50 CBR AL 95% MDS : 5.50%
Clasificación AASHTO : - I.P : 20.28 Humedad Óptima : 16.58 CBR AL 100% MDS : 5.61%



Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 138571
RESP. LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duberly Y Usca Farfán Rinver

PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización

UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco

FECHA : 04/08/2021

CALICATA : C-2 dosificación al 8% SAL

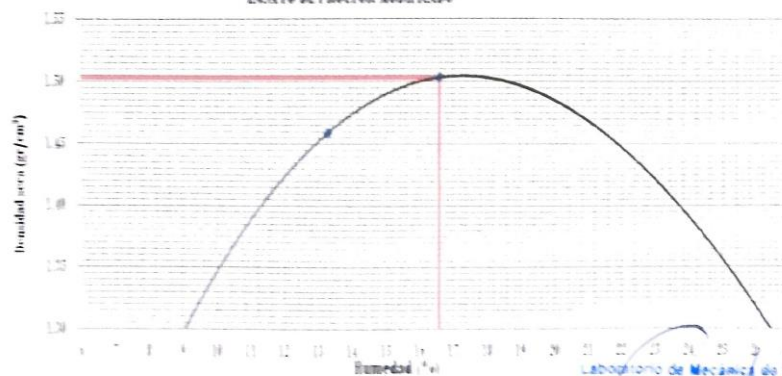
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr)	9156	9687	9909	9621
Peso molde (gr)	6183	6183	6183	6183
Peso suelo compactado (gr)	2973	3504	3716	3438
Volumen del molde (cm ³)	2120.52	2120.52	2120.52	2120.52
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.402	1.652	1.752	1.621

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr)	12.09	13.11	13.89	14.38	14.98	14.40	15.01	15.12
Tara + suelo húmedo (gr)	140.49	120.97	138.10	132.55	137.63	139.28	110.12	116.58
Tara + suelo seco (gr)	130.17	112.12	124.09	118.16	120.27	121.43	89.99	94.98
Peso del Suelo Húmedo (gr)	128.40	107.86	124.21	118.17	122.65	124.88	95.11	101.46
Peso del Suelo Seco (gr)	118.08	99.01	110.20	103.78	105.29	107.03	74.98	79.86
Peso de agua (gr)	10.32	8.85	14.01	14.39	17.36	17.85	20.13	21.60
Humedad (%)	8.74	8.94	12.71	13.87	16.49	16.68	26.85	27.05
Promedio	8.84		13.29		16.58		26.95	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.288		1.459		1.503		1.277	

x. Densidad Seca (gr/cm³) 1.50 Contenido Humedad Óptima (%) 16.58

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Materiales G & C E. I. R. L.
 Ing. Alfredo Caspar Apaza
 C. P. 12345
 RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : Mejía Romero Joacín Duherly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 8% SAL

DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m ³)	1.503	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	16.6%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS :

DATOS DEL MOLDE (cm.)

	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.24	15.25	15.25
Volumen	2353.2	2356.2	2356.2

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
DATOS DE COMPACTACION	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,412	8,245	8,199
Peso del Molde (gr)	4,299	4,311	4,365
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,113	3,934	3,834
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.75	1.67	1.63
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.50	1.43	1.39

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	18.56	18.67	18.82	18.73	18.84	19.69
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	81.55	81.16	83.17	84.55	80.40	84.76
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	72.58	72.27	74.02	75.37	71.55	75.38
Peso del Agua (gr)	8.97	8.89	9.15	9.18	8.85	9.38
Peso del Suelo Seco (gr)	54.02	53.60	55.20	56.64	52.71	55.69
Contenido de Humedad	16.60%	16.59%	16.58%	16.21%	16.79%	16.84%
Contenido de Humedad Promedio	16.60%	16.39%	16.82%			

DATOS DE ABSORCIÓN

	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9,566	9,834	9,611
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,412	8,245	8,199
Porcentaje de Absorción	28.06%	40.39%	36.83%

ENSAYO DE EXPANSION

			1			2			3		
CTE. DIAL EXPANSION			0.001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
24/07/2021	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
25/07/2021	13.00	24 horas	79	0.079	1.56%	121	0.121	2.38%	130	0.130	2.56%
26/07/2021	13.00	48 horas	79	0.079	1.56%	121	0.121	2.38%	135	0.135	2.66%
27/07/2021	13.00	72 horas	79	0.079	1.56%	122	0.122	2.40%	140	0.140	2.76%
28/07/2021	13.00	96 horas	79	0.079	1.56%	122	0.122	2.40%	140	0.140	2.76%

ENSAYO DE PENETRACION

			1			2			3		
AREA PISTON	3.0	Pulg. Cuadradas	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg.)	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	5	52	17	4	42	14	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	9	92	31	7	72	24	8	82	27
1.5 min	1.91	0.075	15	151	50	13	131	44	10	102	34
2.0 min	2.54	0.100	22	220	73	16	161	54	15	151	50
4.0 min	5.08	0.200	44	436	145	32	318	106	30	298	99
6.0 min	7.62	0.300	66	653	218	48	476	159	45	446	149
8.0 min	10.16	0.400	88	869	290	64	633	211	60	594	198
10.0 min	12.70	0.500	110	1086	362	80	790	275	75	747	247

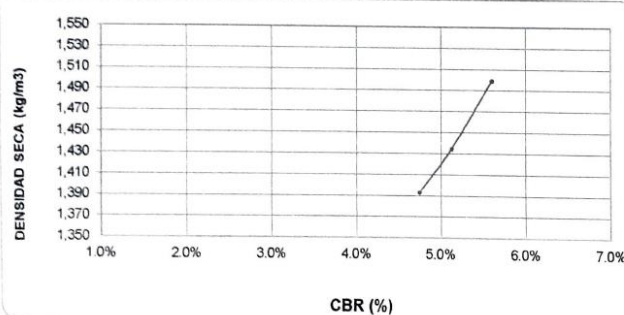
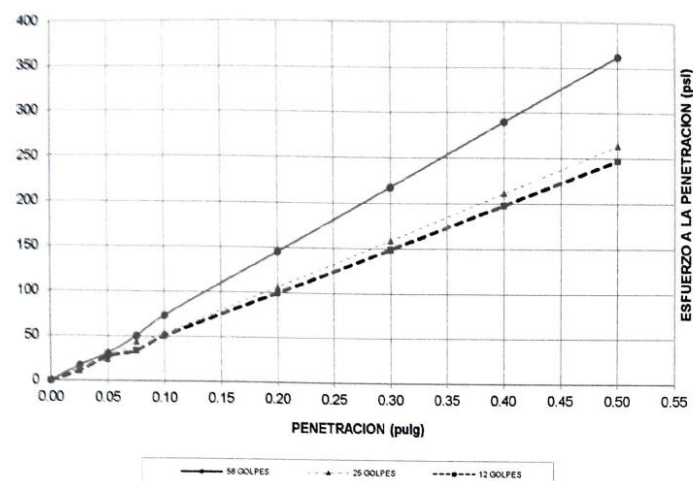
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CP 128571
RESP. LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

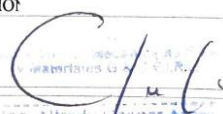
SOLICITANTE : Mejía Romero Joacin Duberly Y Usca Farfan Rinver
PROYECTO : Incorporación de sal de Maras y cal de Huanca en la subrasante para su estabilización
UBICACIÓN : Vía Tupac Amaru - San Jerónimo- Cusco
FECHA : 04/08/2021
CALICATA : C-2 dosificación al 8% SAL



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m³)	1.50	CBR AL 95% DE MDS = 5.50%
HUMEDAD OPTIMA (°o)	16.58	CBR AL 100% DE MDS = 5.61%
Nro. DE GOLFES	(°o) EXPANSION(°o) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLFES	1.56°o 28.06°o	CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
25 GOLFES	2.40°o 40.39°o	
12 GOLFES	2.76°o 36.83°o	

OBSERVACION:


 Ing. Alfredo Váspara
 C.E. 14571
 RESF. LA PATATE

ANEXO 6: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-112-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 1 de 3

Expediente 20125

Solicitante LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L

Dirección APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Instrumento de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA

Marca (o Fabricante) HENKEL

Modelo ELECTRONIC SCALE

Número de Serie KG028582

Procedencia CHINA

Tipo ELECTRÓNICO

Identificación NO INDICA

Alcance de Indicación 0 g a 2000 g

División de escala (d) 0,01 g

o resolución

Div. verif. de escala (e) 0,2 g

Capacidad Mínima 0,1 g

Clase de exactitud III

Ubic. Del Instrumento LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Lugar de Calibración APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Fecha de Calibración 2020-10-29

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición cuarta.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LM-C-041-2020; LM-C-064-2020; LM-C-040-2020; T-0292-2020.

Sello



Fecha de emisión

2020-10-31

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial

Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-112-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 2 de 3

Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	19,2 °C	Final	19,2 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 1000,0 g			Carga L2 = 2000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163
2	1000,02	0,005	0,115	2000,07	0,007	0,163
3	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,006	0,154
4	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
5	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163
6	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,006	0,154
7	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
8	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
9	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,006	0,164
10	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
1000	0,01	0,6
2000	0,01	0,6

2	5
1	
3	4

Posición
de las
Cargas

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura	Inicial	19,3 °C	Final	19,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p ± g
	Carga min. (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	0,10	0,10	0,003	0,097	600	600,07	0,004	0,166	0,069	0,6
2		0,10	0,003	0,097		600,03	0,005	0,125	0,028	0,6
3		0,10	0,003	0,097		600,02	0,004	0,116	0,019	0,6
4		0,10	0,003	0,097		600,05	0,005	0,145	0,048	0,6
5		0,10	0,003	0,097		600,03	0,004	0,126	0,029	0,6





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LM-112-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 3 de 3

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	19,3 °C	Final	19,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,1	0,10	0,003	0,097						± g
0,2	0,50	0,003	0,397	0,300	0,50	0,003	0,397	0,300	0,2
1	1,00	0,003	0,097	0,000	1,00	0,003	0,097	0,000	0,2
10	10,00	0,004	0,096	-0,001	9,99	0,004	0,086	-0,011	0,2
50	50,02	0,004	0,116	0,019	49,97	0,004	0,066	-0,031	0,2
100	100,03	0,004	0,126	0,029	99,98	0,005	0,075	-0,022	0,2
500	500,08	0,005	0,175	0,078	500,06	0,004	0,156	0,059	0,6
1000	1000,09	0,005	0,185	0,088	1000,08	0,004	0,176	0,079	0,6
1500	1500,07	0,005	0,165	0,068	1500,06	0,004	0,156	0,059	0,6
1800	1800,07	0,006	0,164	0,067	1800,07	0,004	0,166	0,069	0,6
2000	2000,06	0,006	0,154	0,057	2000,06	0,004	0,156	0,059	0,6

Legenda: L: Carga aplicada a la balanza.

E: Error encontrado

I: Indicación de la balanza.

E₀: Error en cero.

ΔL: Carga adicional.

E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,00754^2 + 0,00000000010608^2} R^2$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + -0,0000519217 R$

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 2000,15 g para una pesa patrón de 2000 g.



Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-197-2020

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 2

Expediente	20125
Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L
Dirección	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Instrumento de medición	CAZUELA CASAGRANDE
Marca (o Fabricante)	PINZUAR LTDA
Modelo	PS - 11
Número de Serie	1297
Procedencia	COLOMBIA
Código	NO INDICA
Ubicación del Equipo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Lugar de Calibración	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Fecha de Calibración	2020-10-29

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la norma ASTM D4318, MTC E-110.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados: L-0891-2020; T-0292-2020.

Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 19.2 °C ; Humedad relativa prom. 25.0 HR%

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Las dimensiones del aparato de límite líquido son las especificadas en la MTCE-110.

Sello



Fecha de emisión

2020-10-31

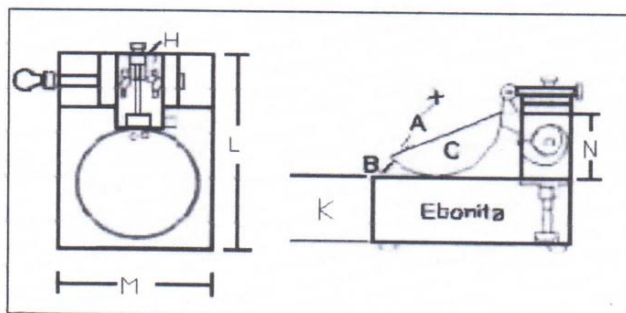
Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

Jesus Quinto C.
JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



Dimensiones MTC E -110 Aparato de Límite Líquido

Descripción	Conjunto de la cazuela			Base			
	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Dimensiones (mm)	54	2.0	27	47	50	150	125
Tolerancia (mm)	2	0.1	1	1.5	5	5	5

Resultado de Medición

Dimensiones medidas en el Aparato de Límite Líquido.

Descripción	Conjunto de la cazuela			Base			
	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Dimensiones (mm)	55.8	1.98	27.58	50.14	50.02	150.2	125.08
Incertidumbre (mm)	0.5	0.05	0.5	0.8	0.6	0.6	0.6



Fin de documento.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****LT-071-2020**

Laboratorio de Temperatura

Pág. 1 de 4

Expediente 20125
Solicitante LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y MATERIALES G&C E.I.R.L.
Dirección APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Equipo HORNO
Marca (o Fabricante) PINZUAR LTDA
Modelo PG 190
Número de Serie 206
Procedencia NO INDICA
Identificación NO INDICA
Instrumento de Medición Termómetro con Indicación Digital
Marca / Modelo AUTONICS
Alcance de Indicación 50 °C a 300 °C
Div. de escala (Resoluc.) 0.1 °C
Identificación NO INDICA
Selector CONTROLADOR DIGITAL
Marca / Modelo AUTONICS
Alcance de Indicación 50 °C a 300 °C
Div. de escala (Resoluc.) 0.1 °C
Ubicación LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES
Lugar de Calibración APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Fecha de Calibración 2020-10-29

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-18, 2da. Ed., Junio 2009 "Procedimiento Para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como medio Termostático".

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados: LT-196-2020; LT-197-2020; T-0292-2020.

Condiciones Ambientales

Temperatura ambiental : Inicial: 20.4 °C ; Final : 20.4 °C
Humedad Relativa ambiental: Inicial: 24.0 HR% ; Final : 24.0 HR%

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2020-10-31

CEM INDUSTRIAL
Jesús Quinto C.
JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 1B, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com



Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LT-071-2020

Pág. 2 de 4

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	T. ind. (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (° C)										T.prom °C	Tmax-Tmin °C
	(Termómetro del equipo)	NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.1	115.3	113.8	114.0	114.3	113.3	116.0	113.0	112.0	111.0	113.0	113.6	5.0
2	109.0	109.8	113.7	108.2	114.4	109.1	112.3	111.3	113.9	113.9	115.1	112.2	6.9
4	111.0	105.3	113.9	108.7	115.7	108.6	112.9	113.0	116.1	116.1	117.1	112.7	11.8
6	110.0	105.7	114.1	108.6	115.2	109.2	112.1	113.5	115.4	115.4	117.3	112.7	11.6
8	108.0	106.7	113.8	107.9	114.5	108.3	111.5	109.8	112.7	112.7	114.3	111.2	7.8
10	109.0	111.2	113.4	113.8	112.0	114.6	115.9	116.8	109.9	109.9	112.3	113.0	6.9
12	111.0	110.1	118.7	113.1	118.5	114.4	116.7	117.1	117.3	117.3	119.1	116.2	9.0
14	109.0	110.6	118.4	112.3	118.5	112.5	115.5	116.3	117.3	117.3	118.1	115.7	7.9
16	108.0	110.2	117.8	111.3	118.0	112.2	115.8	114.8	117.5	117.5	116.8	115.2	7.8
18	109.0	109.3	117.1	111.1	117.6	111.8	114.2	113.1	117.1	117.1	116.6	114.5	8.3
20	108.0	110.0	117.3	110.1	117.3	111.3	114.1	113.3	115.7	115.7	116.8	114.2	7.3
22	111.0	108.3	116.3	109.6	117.2	110.5	114.7	114.5	116.6	116.6	114.7	113.9	8.9
24	110.0	109.4	117.1	109.7	116.6	110.6	114.1	113.1	116.2	116.2	114.7	113.8	7.7
26	108.0	110.0	117.7	110.5	117.6	112.8	115.3	115.2	116.9	116.9	115.3	114.8	7.7
28	108.0	108.5	115.9	109.6	115.6	110.2	113.4	113.6	115.3	115.3	115.6	113.3	7.4
30	109.0	110.0	117.2	110.0	116.6	111.9	114.2	112.9	115.3	115.3	114.3	113.8	7.2
32	108.0	109.6	117.9	111.0	117.7	111.6	114.0	115.1	114.5	114.5	116.7	114.3	8.3
34	110.0	107.8	115.9	109.3	116.6	110.3	114.1	112.3	114.8	114.8	114.5	113.0	8.8
36	109.0	108.6	116.3	110.1	115.7	110.4	113.6	111.7	113.9	113.9	112.9	112.7	7.7
38	108.0	109.6	117.3	110.9	116.7	111.2	114.8	112.9	117.7	117.7	114.8	114.4	8.1
40	108.0	109.9	117.9	111.7	117.8	112.4	115.4	114.2	117.8	117.8	117.9	115.3	8.0
42	110.0	109.3	117.5	111.3	117.9	111.8	112.8	113.1	115.6	115.6	114.5	113.9	8.6
44	108.0	110.2	118.0	112.4	117.7	113.5	113.2	114.9	118.0	118.0	118.1	115.4	7.9
46	110.0	110.4	117.5	111.7	118.2	113.5	113.8	113.9	118.1	118.1	117.8	115.3	7.8
48	110.0	111.3	118.0	117.8	123.0	115.6	114.0	118.2	117.8	117.8	119.6	117.3	11.7
50	108.0	110.0	118.5	113.8	122.1	114.7	114.6	118.5	119.5	119.5	119.4	117.1	12.1
52	108.0	110.5	118.3	113.6	121.6	114.6	115.9	116.8	119.9	119.9	120.0	117.1	11.1
54	109.0	110.2	118.2	112.2	119.1	112.4	114.6	115.4	116.9	116.9	117.7	115.4	8.9
56	110.0	108.8	116.4	110.1	117.0	111.5	114.4	116.6	116.5	116.5	114.9	114.3	8.2
58	111.0	108.5	116.8	111.0	117.4	111.5	112.4	112.2	116.4	116.4	115.1	113.8	8.9
60	111.0	110.2	117.5	111.6	117.1	112.0	112.3	114.6	115.5	115.5	116.2	114.3	7.3
T.PRON	109.2	109.5	116.7	111.2	117.3	111.9	114.1	114.2	116.1	116.0	116.2	114.3	
T.MAX	111.0	115.3	118.7	117.8	123.0	115.6	116.7	118.5	119.9	119.9	120.0		
T.MIN	108.0	105.3	113.4	107.9	112.0	108.3	111.5	109.8	109.9	109.9	112.3		
DTT	3.0	10.0	5.3	9.9	11.0	7.3	5.2	8.7	10.0	10.0	7.7		



Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	123.0	0.8
Mínima Temperatura Medida	105.3	0.8
Desviación de Temperatura en el Tiempo	11.0	0.2
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.5	0.2
Estabilidad Medida (±)	0.2	0.1
Uniformidad Medida	12.1	0.1

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima
• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

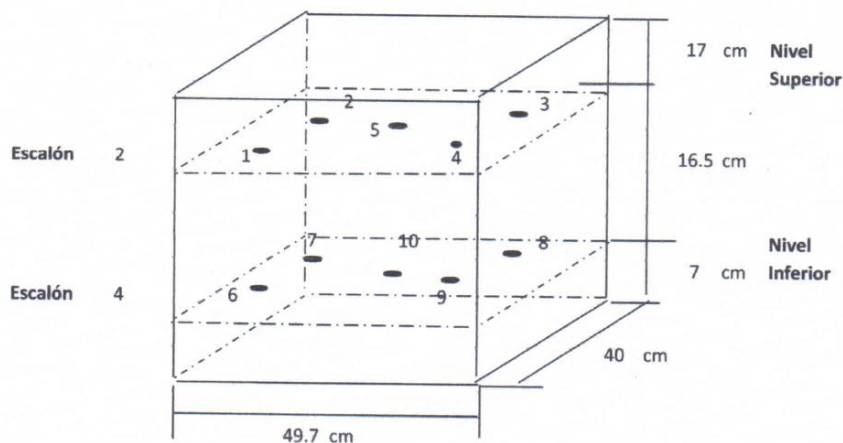
- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura Máxima.
T.MIN : Temperatura Mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

MEDIO ISOTERMO - ESTUFA

Distribución de termopares en el equipo



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.

Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.

Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 2 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 4,5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo de la estufa.

Los escalones indican las posiciones de las parrillas.

Observación:

·Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

·La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente 95 %.



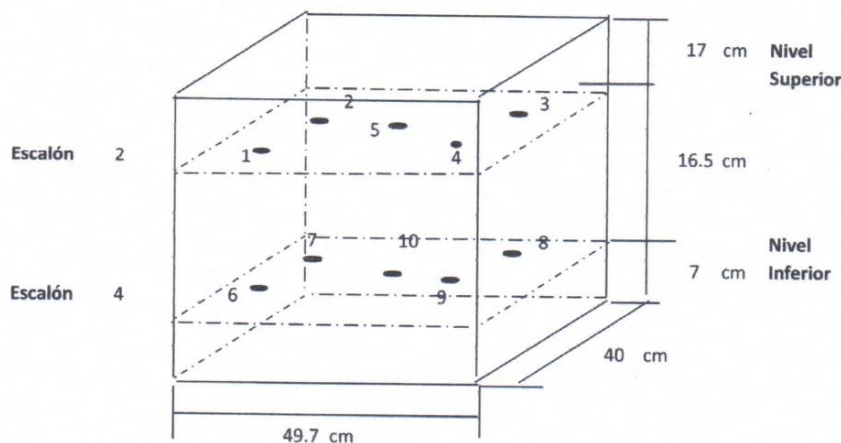
- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura Máxima.
T.MIN : Temperatura Mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

MEDIO ISOTERMO - ESTUFA

Distribución de termopares en el equipo



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.

Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.

Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 2 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 4,5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo de la estufa.

Los escalones indican las posiciones de las parrillas.

Observación:

·Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

·La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente 95 %.





LABORATORIO DE METROLOGIA

Página: 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration

Número: 1141 / 2019

Number:

INSTRUMENTO : **PRENSA C.B.R.**
Instrument

FABRICANTE : **PYS EQUIPOS**
Manufacturer

MODELO : **PYS145**
Model

NÚMERO DE SERIE : **110**
Serial Number **Indicador: 20191471** **Modelo: 315-X6**

RANGO DE MEDICION : **0 – 5000 kgf**
Measurement range

SOLICITANTE : **INGEO ANDES E.I.R.L.**
Customer

CLASE DE PRECISION : **1**
Accuracy

FECHA DE CALIBRACION : **30 - 11 - 2019**
Date of calibration

NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)
Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.
This certificate is an accurate record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing organization.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
The result of this certificate refers to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriated intervals.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.





LABORATORIO DE METROLOGIA

Página: 2 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration

Número: 1141 / 2019

Number:

OBJETO DE PRUEBA : PRESNA C.B.R. DIGITAL
TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN
METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA
SITIO DE CALIBRACIÓN : Laboratorio de Metrologia PYS EQUIPOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

La MAQUINA descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana **NTC-ISO 7500-1** verificación de máquinas de ensayo uniaxiales estáticos. parte 1: máquinas de ensayo de tracción/compresión verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de Exactitud	1,213	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0,202	%	Error por accesorios	—	%
Error de Reversibilidad	—	%	Resolución	2,064	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 5000 kgf Compresión Clase 1 Desde el 10% hasta el 100%

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe



*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGIA

Página: 3 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número: 1141 / 2019
Number:

TRAZABILIDAD:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN

Celda de carga	KELI
Número de Serie	5V51168
Capacidad	10000 kg
Indicador Digital	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X5
Número de serie	0215519
Resolución	0.1kg

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 301-19

RECOMENDACIONES:

- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized signatures.

Elp

Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrologia

Ampco
Calibrado por:
Amed Castillo Espinoza
Dpto. de Metrologia



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGIA

PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN

Prueba No. 1141-19

Fecha: 30/11/2019

FABRICANTE : PYS EQUIPOS
SOLICITANTE : INGENIEROS E.I.R.L.
UBICACIÓN : Laboratorio Metrologia PYS EQUIPOS
TIPO DE MAQUINA : PRENSA CBR
No. SERIE : 110 Indicador: 20191471
MODELO : PYS145
CAPACIDAD MÁXIM. : 5000 kgf

DIVISIÓN DE ESCALA (d) = (e) = 0.1
CARGA MAXIMA : 5000 Kgf

Lectura Máquina (Fi)			Lectura del patrón				PROMEDIO LECTURAS
			1(ASC)	2(ASC)	2(DESC)	3(ASC)	
%	kgf	kN	kN	kN	kN	kN	kN
10	500	4.9	4.85	4.84	-----	4.84	4.84
20	1000	9.8	9.77	9.78	-----	9.76	9.77
30	1500	14.7	14.68	14.66	-----	14.67	14.67
40	2000	19.6	19.58	19.59	-----	19.59	19.59
50	2500	24.5	24.52	24.51	-----	24.51	24.51
60	3000	29.4	29.44	29.43	-----	29.45	29.44
70	3500	34.3	34.36	34.37	-----	34.36	34.36
80	4000	39.2	39.26	39.29	-----	39.28	39.28
90	4500	44.1	44.19	44.21	-----	44.18	44.19
100	5000	49.0	49.09	49.10	-----	49.11	49.10
Lectura máquina después de la fuerza			0	0	-----	0	-----

Lectura Máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos				Resolución	Incertidumbre
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios		
%	Unidades	kN	q(%)	b(%)	v(%)	acc(%)	a(%)	U(%)
10	500	4.9	1.213	0.202	-----	-----	2.064	1.228
20	1000	9.8	0.400	0.201	-----	-----	1.024	0.649
30	1500	14.7	0.266	0.134	-----	-----	0.682	0.468
40	2000	19.6	0.099	0.050	-----	-----	0.510	0.382
50	2500	24.5	0.038	0.040	-----	-----	0.408	0.338
60	3000	29.4	-0.068	0.067	-----	-----	0.340	0.312
70	3500	34.3	-0.116	0.029	-----	-----	0.291	0.294
80	4000	39.2	-0.126	0.075	-----	-----	0.255	0.285
90	4500	44.1	-0.135	0.067	-----	-----	0.226	0.276
100	5000	49.0	-0.141	0.040	-----	-----	0.204	0.268
Error de cero fo (%)			0	0	No aplica	0	No aplica	Error max de acc(%)=0.00

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



ANEXO 7: CUADROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC 2014.

Cuadro 4.10
Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

COMISIÓN DE NORMATIVA

INTEC

OPCIÓN B

Clasificación general	Suelos granulares								Suelos finos			
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)								más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
A-1-a	A-1-b	A-2-4		A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-7-5				A-7-6	
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 (a)	mín. 11 (b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Exelente a bueno							Regular a insuficiente				

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18:182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc

IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40))] +0.01 (F-15)(IP-10).

**PERÚ****Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones****Viceministerio
de Transportes****Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles**

Cuadro 9.2
Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de
Estabilizador

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo ⁽¹⁾	Dosificación ⁽²⁾	Curado (Apertura Al Tránsito) ⁽³⁾	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL > 40% IP ≥ 18% CMO ⁽²⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁴⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A-3 Pasante malla N° 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁴⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CMO ⁽²⁾ No debe contener Abrasión < 50% % < N° 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m ³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO ⁽²⁾ < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: Estudios Especiales del MTC



ANEXO 8: CALCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL.

VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO

TESIS: INCORPORACIÓN DE SAL DE MARAS Y CAL DE HUANCA EN LA SUBRASANTE PARA SU ESTABILIZACIÓN EN LA VÍA TUPAC AMARU, APV JUSCAPAMPA, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CUSCO, AÑO 2021

UBICACIÓN: VIA TUPAC AMARU

ESTACION : E-01

[illegible]

CALCULO DEL INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA).

TRAFICO VEHICULAR – E01											
TIPO DE VEHICULO	TRAFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DIA							SEMANA TOTAL	IMDs	factor de corrección (Julio)	IMDA
	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO				
Autos	3	5	6	5	8	7	7	41	6	0.95168	6
Station Wagon	5	8	8	10	9	6	9	55	8	0.95168	8
Camioneta Pick Up	4	12	6	8	10	8	10	58	8	0.95168	8
Camioneta Panel	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Camioneta Rural	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Camion 2E	4	15	19	16	17	16	21	108	15	0.96882	15
Camion 3E	0	1	0	1	0	0	1	3	0		0
Camion 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Semi Trayler	1	13	13	12	11	12	10	72	10	0.96882	10
Trayler	0	4	3	5	4	5	4	25	4	0.96882	4
total IMD	17	58	55	57	59	54	62	362	52		49

Factor de corrección según manual del MTC	
FC vehículos ligeros (julio)	0.951676589
FC vehículos pesadas (julio)	0.96881823

ANEXO 9: BASE DE DATOS DE ANALISIS ESTADISTICO.

Calicata #1	Sal de Maras	Índice de plasticidad	CBR
1	0%	23.09	3.87
1	3%	21.14	4.04
1	5%	20.86	4.47
1	8%	20.6	5.08
2	0%	22.78	4.34
2	3%	20.63	4.6
2	5%	20.43	4.93
2	8%	20.28	5.5

Calicata #2	Cal de Huanca	Índice de plasticidad	CBR
1	0%	23.09	3.87
1	2%	17.85	4.42
1	5%	17.61	5.12
1	8%	17.1	6.32
2	0%	22.78	4.34
2	2%	17.72	4.43
2	5%	17.55	5.61
2	8%	16.95	6.43

ANEXO 10: PANEL FOTOGRÁFICO.



Fotografía 01: Acceso a la APV Juscapampa.



Fotografía 02: Trailers pesados que circulan por la vía



Fotografía 03: Vista panorámica de la salinera de Maras



Fotografía 04: Vista panorámica de la salinera de Maras



Fotografía 05: Vista de los posos de sal con el investigador 1.



Fotografía 04: Vista de los posos de sal con el investigador 2.



Fotografía 05: Descargue de piedras calizas para su calcinación.



Fotografía 06: Acomodado de piedras en el horno para su calcinación.



Fotografía 07: Carguío de la cal para su respectiva comercialización.



Fotografía 08: Retroexcavadora que se usara para hacer las excavaciones de las calicatas.



Fotografía 09: Excavación de las calicatas.



Fotografía 10: Calicata C-01.



Fotografía 11: Recolección de muestras de las calicatas.



Fotografía 12: Muestra recolectada y en proceso de empaquetación.



Fotografía 13: Horno usado para secar muestras del laboratorio.



Fotografía 14: Tamices del laboratorio para ser usados en los ensayos.



Fotografía 15: Instrumento para el ensayo de CBR.



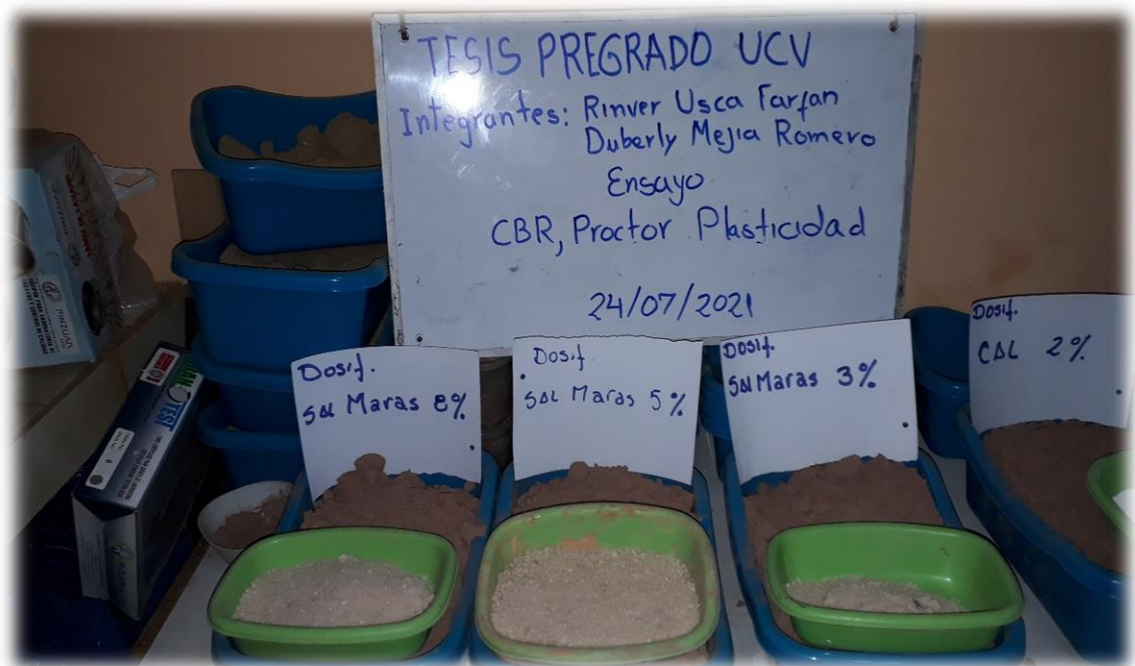
Fotografía 16: Pesado de muestras para hallar los límites de consistencia.



Fotografía 17: Ingreso de las muestras al horno.



Fotografía 18: Muestras listas para su secado.



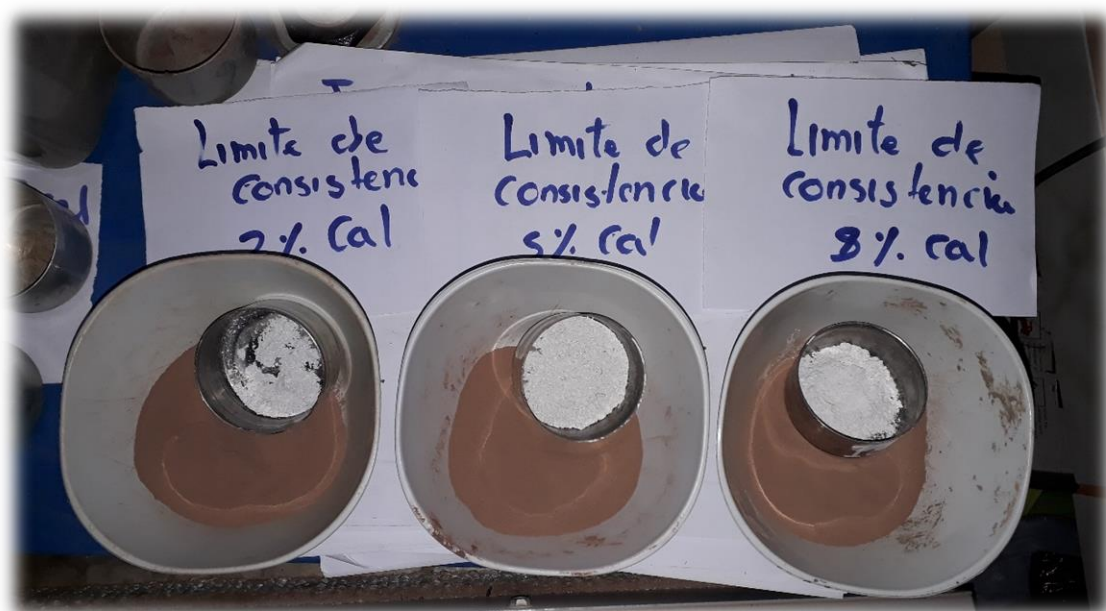
Fotografía 19: Dosificación de sal de Maras en sus diversos porcentajes.



Fotografía 20: Dosificación de cal de Huanca en sus diversos porcentajes.



Fotografía 21: Muestras para hallar los límites de consistencia dosificado con sal de Maras en sus diferentes proporciones.



Fotografía 22: Muestras para hallar los límites de consistencia dosificado con cal de Huanca en sus diferentes proporciones.



Fotografía 23: Lectura de datos del ensayo CBR de la muestra dosificada con cal de Huanca al 8%.



Fotografía 24: Lectura de datos del ensayo CBR de la muestra dosificada con sal de Maras al 5%.

ANEXO 11: PLANOS.

